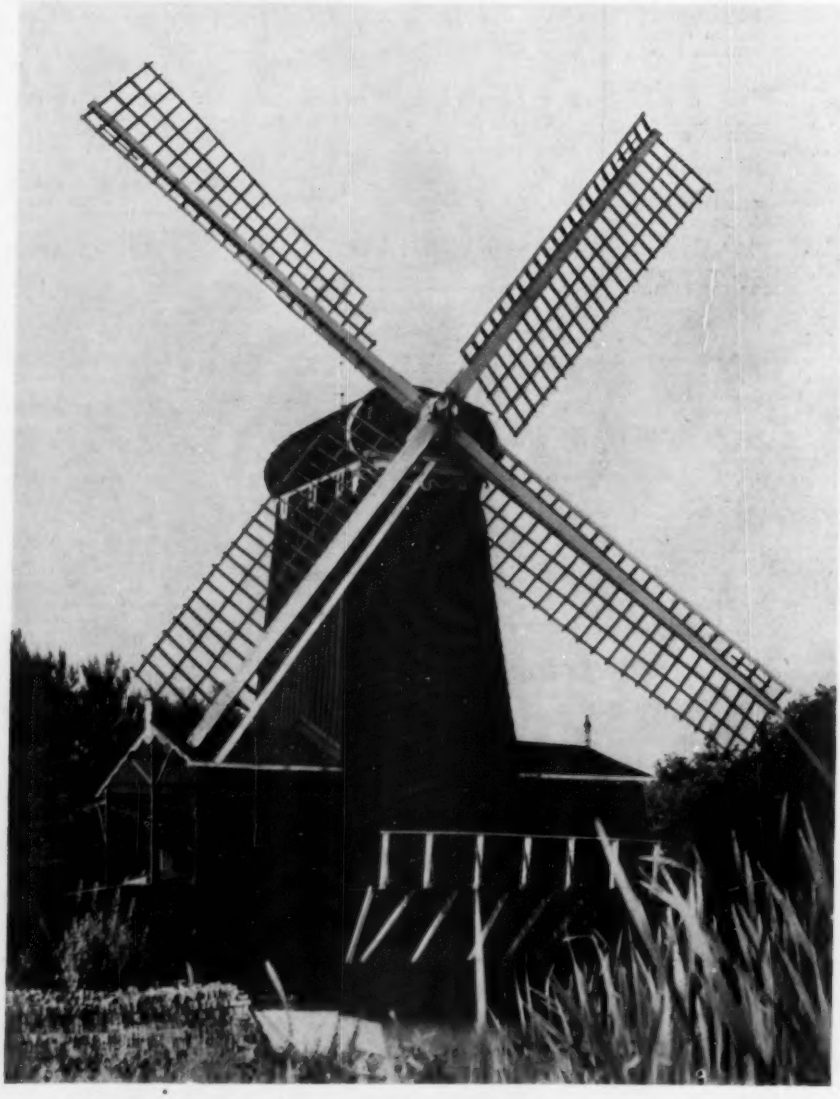
LA NATURE

REVUE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS



AU PAYS DES MOULINS A VENT

Moulin à scier le bois, « paltrok », près de Zaandam ; il a été reconstitué dans le Musée folklorique de plein air d'Arnhem (*Photo* P. Wagnet).

N° 3248 – Décembre 1955 Revue mensuelle Le Numéro : 200 francs

Actualités et informations

Projets hydro-électriques en Yougoslavie

La Yougoslavie pourrait produire annuellement 60 milliards de kWh d'énergie hydro-électrique (actuellement 2 milliards). Une certaine part de ce courant pourrait être vendue à l'Italie, à l'Autriche et à l'Allemagne occidentale. Un comité d'études, dénommé *Yougelexport*, a établi 17 projets dont 4 sont en cours d'examen approfondi, concernant des barrages à construire dans les Alpes slovènes (Idrija) et dinariques (Lika-Gatska, Cetinia, Trebisnitsa). Le coût total de ces travaux se monte à 400 millions de dollars ; chaque ouvrage demanderait entre quatre et six années de travaux. La production de courant avoisinerait au total 6 milliards de kWh. Des lignes à 220 et 380 kV relieraient la Yougoslavie à ses voisins ; la ligne Zagreb-Ludersheim (Bavière) passerait, en particulier, par les ouvrages-relais, en service ou en construction actuellement, d'Ybbs-Persenbeug sur le Danube et de Braunau sur l'Inn.

* * *

Le premier réacteur nucléaire destiné à la recherche industrielle sera construit à l'Armour Research Foundation of Illinois Institute of Technology de Chicago. Sa puissance sera de 50 000 W, il est destiné à l'étude d'une série d'applications autres que la production d'énergie : stérilisation de divers produits, étude de la structure de diverses matières, techniques biologiques et médicales, applications métallurgiques, etc.

* * *

La première pièce détachée en mica artificiel fabriqué commercialement (une rondelle pour lampe radio) a été exposée à la récente exposition de l'Institute of Radio Engineers à New-York. Cette rondelle améliore les qualités de la lampe, le mica artificiel pouvant être obtenu chimiquement pur et exempt des composés de dégazage du mica naturel à hautes températures.

* * *

Dans le cadre du plan quinquennal birman destiné à la sériciculture, le gouvernement de Rangoun vient d'acheter au Japon 600 000 pieds de mûrier, expédiés par la voie aérienne. Vingt experts nippons séjourneront quelque temps en Birmanie sur l'invitation des autorités.

SOMMAIRE

LES RÉACTEURS NUCLÉAIRES DÉCRITS A LA CONFÉRENCE DE GENÈVE (1)

L'ANTI-PROTON OU PROTON NÉGATIF

LES CANIDÉS

L'ÉCLAIRAGE PAR FLUORESCENCE (2)

LA SCIENCE DU SOL ET LE CONGRÈS INTERNATIONAL DE LÉOPOLDVILLE

EXTINCTION DE FEUX D'HYDROCARBURES PAR INSUFFLATION D'AIR COMPRIMÉ

L'ÉMISSION D'ONDES RADIO PAR JUPITER

AU PAYS DES MOULINS A VENT

L'INDUSTRIE DU GAZ

LES PAPIERS LAISSÉS PAR RÉAUMUR

Télévision pour travaux sous l'eau

A l'occasion du Salon Nautique, la Compagnie française Thomson-Houston a présenté l'équipement de télévision sous-marine qu'elle va construire en série. Le caisson étanche est prévu pour supporter des pressions de quelques dizaines de mètres ; un plongeur doit le diriger dans l'eau. Un câble souple, de longueur suffisante, relie l'appareil au poste récepteur installé sur le quai ou sur le navire. Cet équipement doit rendre de précieux services pour les travaux maritimes et fluviaux. La construction d'appareils télécommandés pour grandes profondeurs est techniquement possible, mais elle n'est pas envisagée pour le moment, à cause du prix de revient élevé et des débouchés peu nombreux.

* * *

La firme Rolls-Royce expérimente un appareil destiné à réduire le bruit causé par le fonctionnement des moteurs à réaction ; la réduction correspondrait à 12 décibels (ce qui, pour un observateur au sol, représente la différence de bruit entre un avion volant à 300 m d'altitude et un autre volant à 1 000 m). La difficulté provient de la nécessité de ne pas diminuer pour autant les performances.

Procédé de diffusion du chrome dans le fer

Une société américaine annonce la mise au point d'un procédé pour diffuser le chrome dans les métaux ferreux, permettant d'obtenir ainsi une surface en alliage inoxydable d'une épaisseur de l'ordre du dixième de millimètre. Cette surface présente les propriétés et avantages suivants : absence de craquelures et écaillage, lorsqu'elle est courbée à 180°, étirée ou soumise à une torsion ; elle résiste à la corrosion sous les conditions atmosphériques et chimiques les plus sévères, à l'oxydation thermique jusqu'à 630° C et à l'usure et à l'abrasion sous des conditions également sévères et difficiles. Les procédés de brasage et de soudage peuvent être employés avant ou après ce traitement superficiel qui permet de fabriquer des pièces d'un prix de revient inférieur à celui des pièces fabriquées en acier inoxydable.

* * *

La plus grande machine d'extraction du monde a été mise en service à la mine Fortuna, sur les gisements de lignite de la région de Cologne en Allemagne. Elle va extraire 100 000 t de lignite par jour ; 125 trains de 40 wagons de 20 t évacueront la production journalière. La mine, qui travaille à ciel ouvert, pourra être exploitée jusqu'à une profondeur de 250 m. Deux pelles d'extraction identiques sont actuellement en construction.

* * *

La nouvelle loi sur la chasse adoptée par le Parlement néerlandais en 1954 et qui doit entrer en vigueur prochainement laisse une place importante à la protection de la nature, à l'encontre des dispositions de l'ancienne réglementation de 1823. Des représentants de la protection de la nature siégeront au sein du Conseil de la Chasse dont le rôle est officiellement consultatif auprès des autorités.

* * *

En Union Sud-Africaine, la production d'or et d'uranium s'accroît sans cesse. De nouveaux sondages sont entrepris dans le Transvaal et l'État Libre d'Orange et l'on étudie actuellement la possibilité de creuser des mines deux fois plus profondes que les plus profondes mines actuelles ; on cite le chiffre de 4 000 m.

LA NATURE

Revue mensuelle

DUNOD, Éditeur

92, rue Bonaparte,
PARIS-6e

C. C. P. Paris 75-45 — Tél. DAN. 99-15

ABONNEMENTS 1955

France et Union fre : un an : 2 000 francs six mois : 1 000 francs

Etranger (sauf Belgique et Luxembourg) :
un an : 2 500 francs six mois : 1 250 francs

Belgique et Luxembourg :
un an : 325 f belges six mois : 163 f belges

Changement d'adresse : 30 F en timbres-poste français
ou l'équivalent en monnaie étrangère

« La Nature » se réserve l'exclusivité des articles publiés et de leurs illustrations.
Aucune reproduction, traduction ou adaptation
ne peut être publiée sans l'autorisation expresse de l'éditeur.

N° 3248 Décembre 1955

LA NATURE

Les réacteurs nucléaires décrits à la Conférence de Genève

I. RÉACTEURS DE PUISSANCE

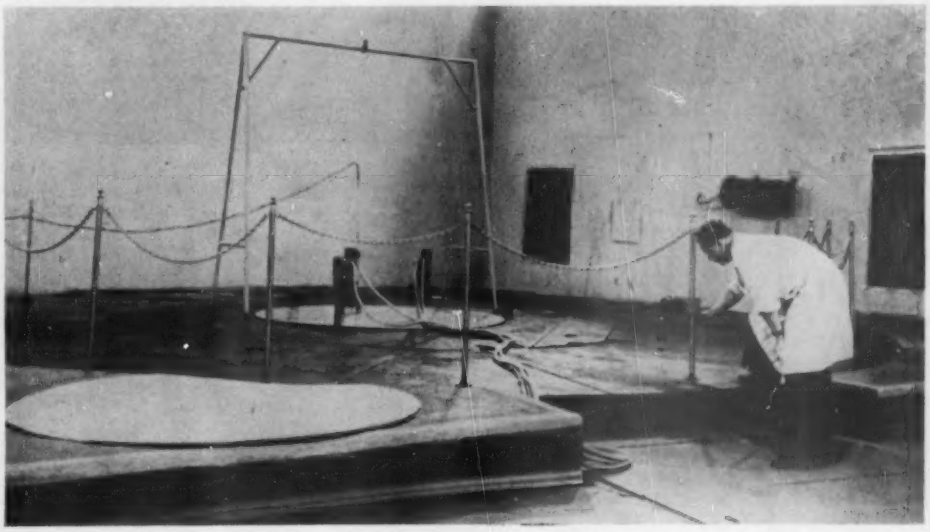


Fig. 1. — *La salle du réacteur de la centrale atomique de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S.*

On voit derrière les chaînes le couvercle du réacteur, d'où sortent les mécanismes de commande des barres de contrôle. Une telle disposition facilite les solutions de blindage contre les rayonnements. La radioactivité dans la salle du réacteur est enregistrée en permanence et l'accès à la salle n'est autorisé qu'au-dessous d'une certaine intensité des rayonnements.

(*Photo aimablement communiquée par l'Ambassade de l'U.R.S.S.*).

Dans le compte rendu général que nous donnions récemment de la Conférence de Genève pour l'utilisation pacifique de l'énergie atomique (La Nature, *octobre 1955, p. 377*), *nous annoncions une série d'articles sur les principales questions qui ont fait l'objet de cette conférence. Nos deux premiers articles seront consacrés aux réacteurs nucléaires. Dans celui qu'on lira ci-après, M. Michel Sorger examine les voies dans lesquelles s'engage la technique des réacteurs dits de puissance, destinés à fournir de l'énergie et à s'intégrer aux « centrales nucléaires ». L'article suivant traitera des réacteurs de recherche.*

★

Rappelons d'abord brièvement le principe général de fonctionnement d'un réacteur aux « neutrons thermiques », type jusqu'ici le plus répandu. Un « combustible » nucléaire tel que l'U 235 peut y être inclus à l'état pur ou mélangé à un élément non fissile comme l'U 238 (99,3 pour 100 de l'uranium ordinaire), mais qui en absorbant un neutron se transforme en plutonium (Pu 239) fissile. La fission d'un noyau d'U 235, tout en libérant une grande quantité d'énergie, donne des produits de fission et deux à trois neutrons de grande vitesse. Ces neutrons, par chocs sur les atomes d'un élément léger dit ralentisseur ou modérateur, sont ramenés à des énergies voisines de l'énergie d'agitation thermique des atomes du modérateur, d'où le nom de neutrons thermiques; ils pénètrent alors plus facilement dans les noyaux d'U 235 qui explosent, et ainsi se maintiennent les fissions en chaîne.

Les principaux organes d'un réacteur nucléaire sont donc : le combustible, généralement sous forme de barreaux répartis en un réseau hétérogène; le modérateur, destiné à ralentir les neutrons jusqu'aux énergies thermiques; un fluide de refroidissement qui évacue vers l'extérieur la chaleur produite par les fissions; enfin généralement un « réflecteur de neutrons » qui renvoie vers l'intérieur du réacteur, pour qu'ils y soient utilisés, une grande partie des neutrons qui s'échappaient à la périphérie du réseau.

Les types de réacteurs sont déjà très nombreux. On peut choisir entre trois combustibles (U 235, U 233, Pu 239); entre plusieurs modérateurs (eau ordinaire, eau lourde, graphite, béryllium, glucine), qui fournissent également les réflecteurs; entre plusieurs fluides de refroidissement (eau, métaux fondus). Toutes les combinaisons ne sont pas possibles; entre celles qui peuvent être retenues et donnent lieu aux essais actuels, l'avenir fera un choix.

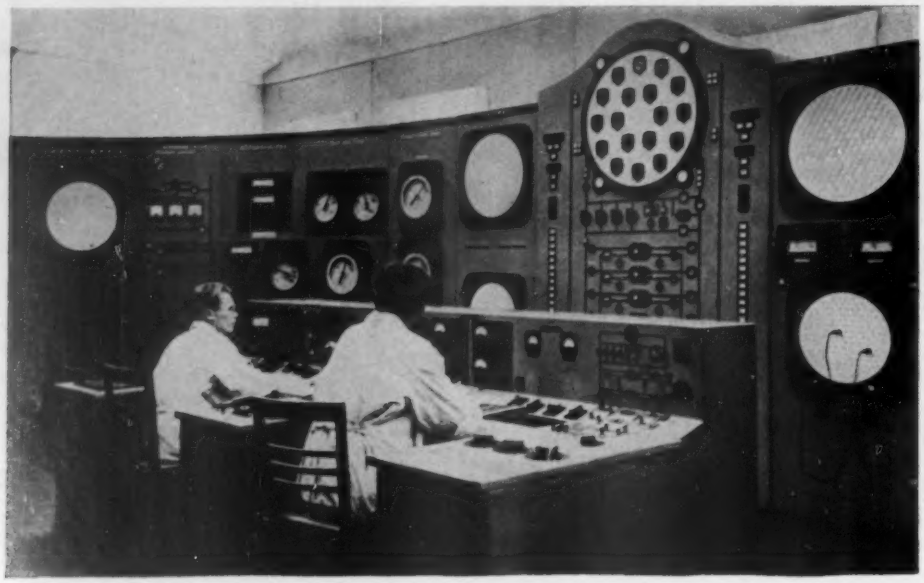


Fig. 2. — *La salle de contrôle du réacteur de la centrale atomique soviétique.*

On aperçoit ici le tableau central de commande avec, sur le mur, le schéma de circulation du système de refroidissement. A droite se trouvent les panneaux de contrôle de la température qui est mesurée et enregistrée dans chacun des 128 canaux. Sur ce mur et à ce tableau de commande est concentré tout ce que l'on peut « voir » d'un réacteur en fonctionnement.

(Photo aimablement communiquée par l'Ambassade de l'U.R.S.S.).

Signalons aussi tout de suite un type de réacteur, dont il sera question plus loin, où le modérateur est supprimé et qui fonctionne donc avec les neutrons rapides, tels qu'ils sont issus des fissions.

Il est possible enfin de faire absorber des neutrons à un élément dit « fertile » judicieusement réparti, qui se transforme alors en élément fissile récupérable : on sait que le thorium 232, absorbant un neutron lent ou rapide, se transforme en uranium 233, fissile, et que l'uranium 238, absorbant un neutron rapide, se transforme en plutonium 239.

Lorsque la quantité de matière fissile nouvelle ainsi fabriquée demeure inférieure à celle qui a été consommée, on a ce qu'on appelle un *cycle de conversion*. Lorsqu'elle est égale ou supérieure, c'est un *cycle de régénération* (*breeding*), et le dispositif est appelé régénérateur ou *breeder*, formule évidemment séduisante et de grand avenir.

L'introduction d'U 238 ou de thorium dans un dispositif fonctionnant avec l'U 235 comme combustible ne peut toutefois suffire pour une régénération. Cela tient, entre autres choses, au nombre moyen de neutrons émis lors de la fission de l'U 235, qui est trop faible. Au contraire, lorsque l'élément fissile est l'U 233 ou le plutonium, assez de neutrons sont libérés pour produire plus de matière fissile qu'il n'en est consommé. Il peut donc exister deux cycles de régénération où l'on retrouve à la fin l'élément même qui y est employé : le cycle Pu 239-U 238-Pu 239, et le cycle U 233-Th 232-U 233. Par abrégé on parle par exemple de cycle U 233-thorium.

*
* *

Parmi les réacteurs de puissance, il faut distinguer d'abord entre deux catégories bien tranchées. En premier lieu, il y a des réacteurs capables de produire des quantités d'énergie déjà importantes mais fondés sur des principes que l'avenir ne retiendra peut-être pas : utilisation de l'uranium naturel ou très faiblement « enrichi » en élément fissile, refroidissement par air ou gaz comprimé, etc. Ces réacteurs, généralement producteurs de plutonium et d'énergie comme les réacteurs français de Marcoule, comme la première centrale atomique russe ou les premiers réacteurs du programme anglais exposé dans le Livre Blanc sur l'énergie atomique, ont des tailles très importantes, emploient des quantités impressionnantes de matériaux (uranium par centaines de tonnes) et sont construits à l'aide d'une technologie de type classique soumise à quelques exigences nucléaires.

Il est généralement pensé que ces réacteurs laisseront lentement la place aux réacteurs à uranium plus abondamment enrichi. Mais vu leur utilité pour le démarrage d'un programme d'énergie nucléaire par un pays ne possédant que peu ou point de matériaux enrichis, et vu la place très importante qu'ils occupent dans le très courageux programme nucléaire britannique, on ne peut se dispenser de les examiner.

La deuxième catégorie de réacteurs de puissance a vraisemblablement plus de chances d'ouvrir la voie à l'énergie nucléaire compétitive sur le plan économique et mérite sans doute qu'on s'y arrête davantage : dans ces réacteurs, pour l'instant tous américains, la concentration notablement plus forte du combustible atomique conduit à des puissances spécifiques généralement très grandes, à des températures aussi élevées que possible pour obtenir le maximum d'efficacité thermique, enfin à la recherche d'une haute régénération de la matière fissile (*breeding*). Tous ces facteurs exigent la création d'une technologie nouvelle, la technologie nucléaire, basée sur l'emploi de matériaux de structure nouveaux comme le zirconium, de fluides de refroidissement spéciaux comme les métaux liquides, etc.

La conférence de Genève a révélé que, sur ce plan strictement technologique des réacteurs de puissance, les États-Unis semblent disposer d'une avance confortable, avance qui ne se maintient pas d'ailleurs sur le plan purement scientifique.

Examinons maintenant les principaux types de réacteurs, en commençant par ceux qui n'emploient que l'uranium naturel ou faiblement enrichi.

Réacteurs à uranium naturel ou peu enrichi. — Comme nous l'avons dit, ces réacteurs sont, si l'on peut parler ainsi dans une matière aussi nouvelle, de style relativement classique. Ce sont des solutions somme toute traditionnelles, bien que soigneusement revues et contrôlées eu égard aux exigences de la technique nucléaire, qui ont été utilisées pour ces

premières réalisations, d'ailleurs très intéressantes par les renseignements qu'elles apportent dans divers domaines technologiques; mais on peut dire qu'avec les réacteurs à uranium naturel, c'est-à-dire contenant 0,71 pour 100 d'U 235, ou enrichi de quelques unités pour 100, il n'y a pas de changement d'échelle dans les problèmes techniques, il y a simplement des « conditions nucléaires » supplémentaires.

La première centrale atomique qui ait existé dans le monde a été installée près de Moscou (fig. 1, 2 et 3). Son réacteur est accouplé à un échangeur de chaleur utilisé comme générateur de vapeur et à une turbine à vapeur. La puissance thermique du réacteur est de 30 000 kW, sa puissance électrique de 5 000 kW. Le réacteur fut rendu *critique* pour la première fois le 9 mai 1954 (l'état critique correspond à l'établissement des réactions nucléaires en chaîne, c'est-à-dire quand parmi les neutrons libérés par chaque fission il y en a au moins un en moyenne qui sert à provoquer une nouvelle fission). Après une lente montée en puissance et une vérification minutieuse des circuits de fluide, il produisit de l'électricité pour la première fois le 27 juin 1954.

Le combustible nucléaire est de l'uranium enrichi à 5 pour 100 d'U 235. Le modérateur et le réflecteur sont en graphite, refroidis séparément. Le fluide de refroidissement du cœur (ou réseau actif) du réacteur est de l'eau, à la température d'environ 265° C et sous une pression de 103 kg/cm². Chaque canal de refroidissement est surveillé et contrôlé.

Le nom de Calder Hall est pour les Britanniques le symbole d'une nouvelle révolution industrielle. A Calder Hall en effet se construisent les premiers réacteurs anglais du programme civil d'énergie nucléaire de Grande-Bretagne, programme admirable, comme nous l'avons dit, par son courage et sa résolution.

Il va sans dire qu'on espère tirer du fonctionnement des deux réacteurs de Calder Hall de précieux enseignements pour la réalisation de futures centrales atomiques, mais l'idée maîtresse est ici la production d'électricité à des prix qui puissent concurrencer les centrales thermiques classiques. Les deux réacteurs produiront au total un peu moins de 92 000 kW d'électricité; ce sont des réacteurs aux neutrons thermiques, utilisant l'uranium naturel; le modérateur et le réflecteur sont en graphite; le refroidissement est assuré par une circulation de CO_2 sous pression; leur date de mise en fonctionnement est prévue pour 1956. Nous espérons pouvoir en reparler à cette occasion.

En France sont construits également deux réacteurs du type de Calder Hall, dans le Gard, à Marcoule; nous décrirons ces réacteurs, également producteurs de plutonium, dans un article consacré au programme français.

Réacteurs à uranium très enrichi. — Le programme civil de la Commission de l'Énergie atomique des États-Unis (U.S.A.E.C.) prévoit la réalisation de cinq prototypes de réacteurs de puissance à uranium enrichi, utilisant au maximum les résultats les plus récents de la technologie nucléaire, constituant aussi un extraordinaire banc d'essai de matériaux et principes nouveaux propres au seul domaine nucléaire.

Ces cinq réacteurs, dont la gamme des puissances en chaleur a été étalée de 5 000 à 270 000 kW, sont : le réacteur à eau surpressée ou P.W.R. (Pressurized Water Reactor), le réacteur expérimental à eau bouillante ou B.E.R. (Boiling Experimental Reactor), le réacteur au sodium-graphite ou S.R.E. (Sodium Reactor Experiment), le réacteur expérimental homogène n° 2 ou H.R.T. (Homogeneous Reactor Test) et le réacteur breeder expérimental n° 2 ou E.B.R.2. (Experimental Breeder Reactor 2). Les quatre premiers de ces réacteurs utilisent des neutrons thermiques pour propager la réaction de fissions nucléaires en chaîne, alors que le dernier utilise les neutrons rapides issus de fission et non modérés, ce qui présente des dangers et pose des problèmes très délicats.

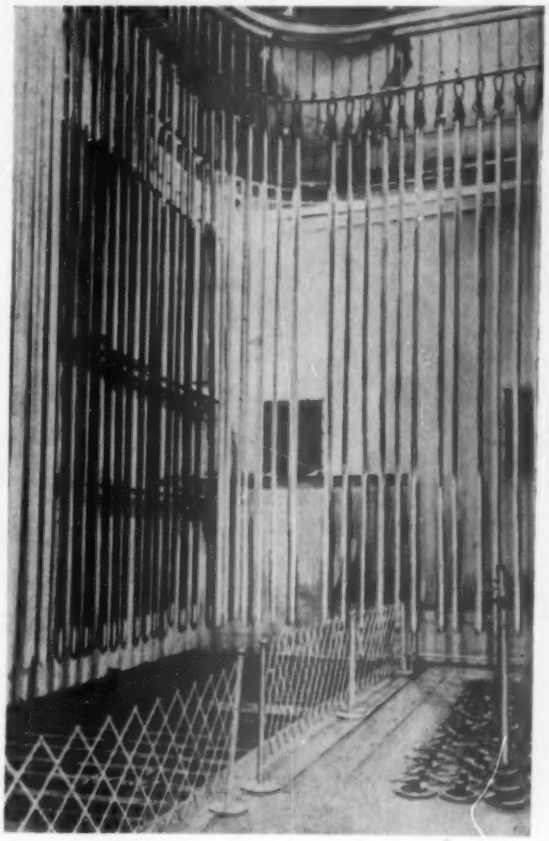


Fig. 3. — *Le stockage des barreaux d'uranium de la centrale atomique soviétique.*

Accrochés au mur, les barreaux d'uranium prêts à être utilisés. A droite du grillage, des rangées parallèles de bouchons dans le sol : ce sont les bouchons des canaux de refroidissement dans lesquels on met les barreaux d'uranium utilisés pour que leur radioactivité puisse décroître avant qu'ils retournent au traitement chimique et métallurgique.

(Photo Ambassade de l'U.R.S.S.).

Le réacteur à eau surpressée ou P.W.R. — Dans ce réacteur, la voie suivie est l'étude et la mise au point de la technologie de l'eau comme fluide de refroidissement pour évacuer la chaleur nucléaire produite dans le cœur du dispositif. La nécessité d'ordre physique de maintenir l'eau sous des pressions importantes si on veut l'utiliser à haute température (limitée d'ailleurs par le point critique voisin de 370° C) a conduit à la conception de ce réacteur dit à eau surpressée.

La réalisation de ce réacteur a été confiée par la Commission de l'Énergie atomique à la Société Westinghouse, dont ce ne sont d'ailleurs pas les débuts dans le domaine nucléaire, puisque cette société a déjà construit le réacteur S.T.R (Submarine Testing Reactor) et le groupe propulseur nucléaire du *Nautilus*, premier sous-marin atomique. Le réacteur à eau surpressée est en construction à Shippingport (Pennsylvanie), et sa date d'achèvement est prévue pour 1957. L'ensemble, d'une puissance thermique de 270 000 kW et d'une puissance électrique de 60 000 kW, coûtera vraisemblablement 85 millions de dollars (environ 30 milliards de francs).

Le combustible nucléaire du réacteur à eau surpressée sera de l'uranium enrichi en isotope 235; la première charge prévue

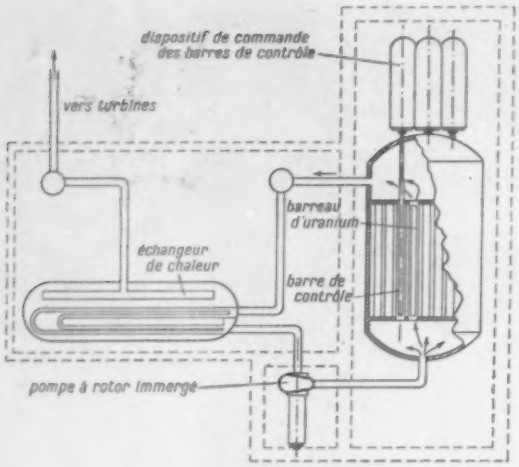


Fig. 4. — *Schéma du réacteur de Shippingport à eau surpressée.*

A droite, le réacteur proprement dit, avec ses barreaux d'uranium. Au-dessus du réacteur, les mécanismes des barrés de contrôle qui, plus ou moins enfoncées, règlent la valeur du flux de neutrons et la puissance du réacteur qui lui est proportionnelle. Le refroidissement est assuré par de l'eau à 270° C sous pression de 140 kg/cm²; cette eau emporte la chaleur produite dans le réacteur et l'échange dans l'échangeur de chaleur. Une pompe puissante et étanche à rotor immergé assure la circulation forcée du fluide de refroidissement. Un seul circuit de refroidissement a été figuré, les trois autres étant tout à fait semblables.

est de l'ordre de 10 tonnes. Les éléments de combustible seront gainés par un matériau résistant à la corrosion et aux propriétés nucléaires particulièrement intéressantes puisque c'est un faible absorbeur de neutrons; ce nouveau matériau, le zirconium, joue d'ailleurs un rôle grandissant dans la nouvelle technologie nucléaire. La température à la surface d'un barreau gainé de combustible sera inférieure à 330° C.

Le grand intérêt de ce réacteur est son système de refroidissement utilisant de l'eau à la température moyenne de 270° C et sous une pression de 140 kg/cm². Ce système primaire de refroidissement est constitué de quatre circuits indépendants, trois étant utilisés en moyenne en service normal (fig. 4).

Le circuit de vapeur comprend deux parties fondamentales : l'échangeur de chaleur et le tambour de vapeur. L'eau sous pression du circuit primaire de refroidissement circule à travers un échangeur de chaleur à tubes. Sur les faces externes des tubes, l'eau du circuit secondaire (circuit de vapeur ou d'utilisation) se vaporise; cette vapeur traverse un séparateur de vapeur du type classique pour n'alimenter les turbines qu'en vapeur sèche. Cette production de vapeur peut être variable. Aussi la vapeur passe-t-elle par un « tambour de vapeur » qui constitue un volant grâce auquel la turbine est alimentée de façon régulière à 42 kg/cm². Il y a quatre systèmes identiques puisqu'il y a quatre circuits primaires de refroidissement.

Les principaux articles du cahier des charges imposé par la Commission à la Société Westinghouse se sont traduits par un certain nombre de problèmes dont la résolution fut ardue. Le principal fut la conception du cœur du réacteur, à la fois pour son calcul au point de vue nucléaire et au point de vue purement technologique. Les matériaux utilisés doivent en effet être aussi stables que possible dans le champ très intense des rayonnements qui règne dans le cœur du réacteur, avoir une résistance élevée à la corrosion de l'eau à 270° ou 300° C, et posséder des propriétés mécaniques adéquates compatibles avec les exigences nucléaires. Le tout, comme il le fut bien précisé, pour un coût total de construction et de fonctionnement aussi faible que possible car ce réacteur prototype doit être une étape vers l'énergie nucléaire compétitive sur le plan économique.

Il semble, comme il l'a été montré à Genève où la construction du réacteur a été décrite en détail, que la majorité des problèmes aient été résolus d'une façon satisfaisante et que la technologie de l'eau sous hautes pressions repose maintenant sur des bases solides.

Le réacteur expérimental à eau bouillante ou B.E.R. — Le réacteur expérimental à eau bouillante a ceci de commun avec le réacteur à eau surpressée qu'il est modéré et refroidi avec de l'eau. Mais alors que le P.W.R. évacue la chaleur nucléaire par un circuit primaire de refroidissement, le réacteur à eau bouillante fait directement bouillir l'eau dans le cœur du réacteur, au contact des éléments de combustible, et utilise directement dans une turbine du circuit primaire la vapeur ainsi formée.

La réalisation de ce réacteur a été confiée par la Commission de l'Énergie atomique des États-Unis au Laboratoire national d'Argonne près de Chicago que dirige le docteur Zinn. Il est conçu selon le même principe qu'un premier réacteur expérimental précédemment construit à la Station nationale d'essai des réacteurs à Arco (Idaho). La date d'achèvement est prévue pour la fin de 1956. L'ensemble, de 20 000 kW de puissance thermique et 5 000 kW de puissance électrique, coûtera vraisemblablement 17 millions de dollars (environ 5 milliards de francs).

Nous avons vu que la grande originalité du projet reposait sur l'emploi d'un seul circuit de refroidissement. Dans ce circuit, l'eau se transforme en vapeur au contact du combustible, se détend dans une turbine, se condense et retourne dans le réacteur (fig. 5). Cette idée de circuit unique est relativement révolutionnaire, car il fut longtemps et implicitement admis la nécessité d'avoir recours à des circuits thermiques intermédiaires pour éviter la circulation de fluides dont on craignait une trop dangereuse radioactivité.

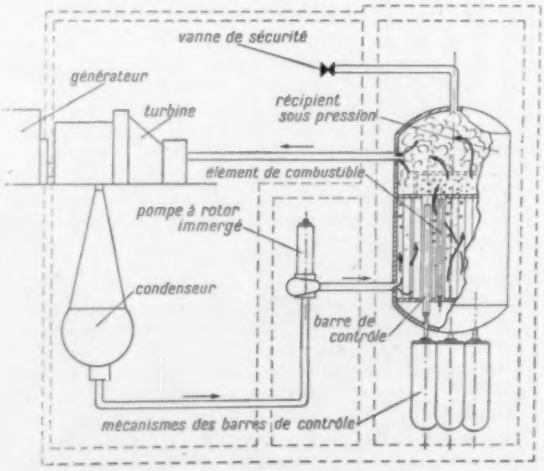


Fig. 5. — *Schéma du réacteur à eau bouillante du Laboratoire d'Argonne.*

A droite du schéma se trouve le réacteur, au-dessous duquel on voit les mécanismes de commande des barres de contrôle. L'eau de refroidissement pénètre dans le réacteur, lèche les barreaux d'uranium, et n'étant pas soumise à une surpression, elle se vaporise à l'intérieur même du récipient du réacteur. Une vanne de sécurité, figurée en haut au centre, fonctionne en cas de surcharge en vapeur et évacue celle-ci dans l'atmosphère. En fonctionnement normal, la vapeur actionne directement la turbine d'un turbogénérateur, puis elle se condense, et une pompe étanche la réintroduit dans le réacteur pour y recommencer son cycle. Un tel schéma de circulation est vraisemblablement le plus simple que l'on puisse trouver pour un réacteur nucléaire producteur d'énergie (voir *La Nature*, octobre 1955, p. 380, fig. 4).

Les principaux avantages obtenus avec le système utilisé dans le réacteur à eau bouillante sont les suivants :

— le générateur de vapeur est éliminé puisque la vapeur est produite ici directement dans le cœur de la pile;

— les nécessités de pompage pour assurer la circulation du fluide de refroidissement sont ici réduites d'un facteur 10 environ, et concernent simplement le retour de l'eau du condenseur au cœur du réacteur;

— il n'y a pas d'exigence de surpression pour éviter l'ébullition de l'eau, étant donné que c'est elle que l'on recherche; la pression qui règne dans le réacteur est celle à laquelle on veut faire fonctionner les turbines;

— finalement, l'absence de circuits intermédiaires ou secondaires permet de travailler à des températures moins élevées, ce qui est techniquement avantageux; de ce fait résulte qu'il n'y a pas à compenser de pertes de chaleur dans les circuits intermédiaires.

Ces divers avantages conduisent à une grande simplification du fonctionnement, donc en principe à des prix de revient moins élevés. Par contre, le circuit turbine doit être plus sévèrement étudié dans ce cas que si un fluide intermédiaire non radioactif y circule. Une fuite, un défaut d'étanchéité dans le circuit d'utilisation de la vapeur pourraient avoir des conséquences extrêmement graves.

Autre désavantage, le contrôle nucléaire du réacteur est plus délicat, le fluide de refroidissement étant confondu avec le fluide de modération, et son niveau variant avec la demande de vapeur dans le circuit, ce qui revient à avoir un modérateur variable : le contrôle de la réaction en chaîne s'en trouve compliqué d'autant. On y gagne en revanche une sécurité nucléaire absolue; si, en effet, le réacteur « s'emballe », il va produire beaucoup plus de vapeur en un très court instant et vaporiser littéralement le modérateur; les neutrons ne sont alors plus « thermalisés » et la réaction en chaîne s'arrête. Comme l'a montré le docteur Zinn en essayant de faire sauter un tel réacteur, la sécurité nucléaire est vraiment absolue; autrement dit : « le coefficient de température du réacteur est largement négatif. »

Le réacteur expérimental au sodium ou S.R.E. — Le réacteur expérimental au sodium est fondé, quant à lui, sur un principe assez nouveau d'utilisation des métaux. Le transport de la chaleur produite dans le cœur du réacteur vers les circuits d'utilisation se fait avec un métal fondu, en l'occurrence le sodium. C'est la caractéristique principale de ce réacteur.

C'est à la North American Aviation qu'a été confiée la mission de réaliser ce dispositif, qui sera installé dans la région de Los Angeles. La date d'achèvement et de mise en fonctionnement est prévue pour 1956. On a prévu la possibilité de faire fonctionner le réacteur en régénérateur (breeder) avec le cycle U 233-thorium que nous avons expliqué. La puissance thermique de l'unité sera de 20 000 kW, et il n'a pas été envisagé au départ de convertir l'énergie thermique de cette unité en énergie électrique. Le prix de ce réacteur sera de l'ordre de 10 millions de dollars (environ 3,5 milliards de francs).

Le combustible nucléaire utilisé sera de l'uranium (U 235 d'abord, U 233 ensuite). Les éléments de combustible sont des barres qui sont suspendues verticalement dans des canaux à l'intérieur desquels circule directement le sodium fondu destiné à évacuer la chaleur (fig. 6). Le modérateur est constitué par un réseau de graphite, d'où le nom de réacteur sodium-graphite que l'on donne parfois à ce prototype. Le sodium liquide du circuit primaire de refroidissement échange sa chaleur avec un circuit secondaire, de sodium fondu également; un des avantages nucléaires du sodium est sa section efficace d'absorption des neutrons relativement faible; le circuit secondaire de sodium fondu traverse ensuite un générateur de vapeur d'eau qui alimente des turbines conventionnelles.

Nous signalerons qu'une fois de plus dans ce réacteur, et contrairement au réacteur à eau bouillante du laboratoire d'Argonne, le fluide primaire de refroidissement échangera sa chaleur avec un fluide intermédiaire et qu'ainsi sera évitée la circulation d'un fluide hautement radioactif à proximité du circuit d'utilisation constitué par les turbines.

Le coût de construction et de fonctionnement de cet ensemble sera élevé, ce qui est dû pour une grande part au fait que la technologie des métaux fondus est encore peu développée. Les recherches sur les aciers spéciaux nécessaires à la circulation du sodium liquide et sur les pompes électromagnétiques puissantes destinées à assurer cette circulation sont longues et coûteuses, compliquées encore par une corrosion métallique extrêmement sévère et d'un type assez nouveau appelé « par transfert de masse ». Diverses solutions ont été proposées à ces problèmes : c'est en partie pour les éprouver en fonctionnement qu'a été décidée la construction de ce réacteur au sodium.

L'avantage principal est ici le facteur d'utilisation thermique élevé, c'est-à-dire la possibilité de produire des calories à haute température. On n'est plus limité en effet par la considération de la température critique, voisine de 370° C, au delà de laquelle, quelle que soit la pression appliquée, il n'est plus possible d'obtenir de l'eau à l'état liquide. Les progrès réalisés chaque année dans la technologie des métaux fondus ouvrent une voie chaque jour plus riche de promesses aux réacteurs nucléaires basés sur ce principe.

Le réacteur homogène expérimental ou H.R.T. — Dans un réacteur dit homogène, le combustible nucléaire est mélangé d'une façon « homogène » au modérateur qui constitue aussi généralement le fluide de refroidissement. Plusieurs types de réacteurs homogènes ont été proposés (selon par exemple que le combustible nucléaire est sous forme de suspension ou de

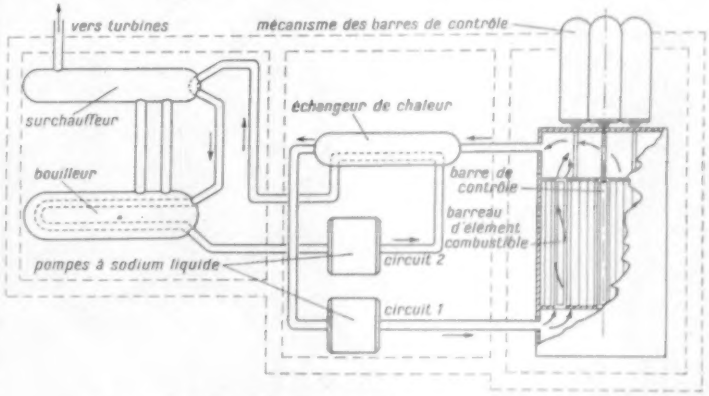


Fig. 6. — *Schéma du réacteur au sodium de la North American.*

On aperçoit comme toujours le réacteur à droite avec les mécanismes des barres de contrôle. On verra par comparaison que le schéma de circulation de ce réacteur est nettement plus compliqué que celui du réacteur à eau bouillante. En premier lieu on trouve, traversant le réacteur et emportant la chaleur qui y est produite, le circuit primaire de refroidissement à sodium fondu ; la circulation forcée du sodium fondu est effectuée par une pompe électromagnétique. Il a été jugé utile d'avoir un second circuit, dit circuit intermédiaire, à sodium fondu également. La chaleur de ce circuit intermédiaire sert à transformer de l'eau en vapeur et à surchauffer cette vapeur afin d'avoir de la vapeur sèche dans les turbines d'utilisation. Le réseau de graphite dans le réacteur n'a pas été figuré.

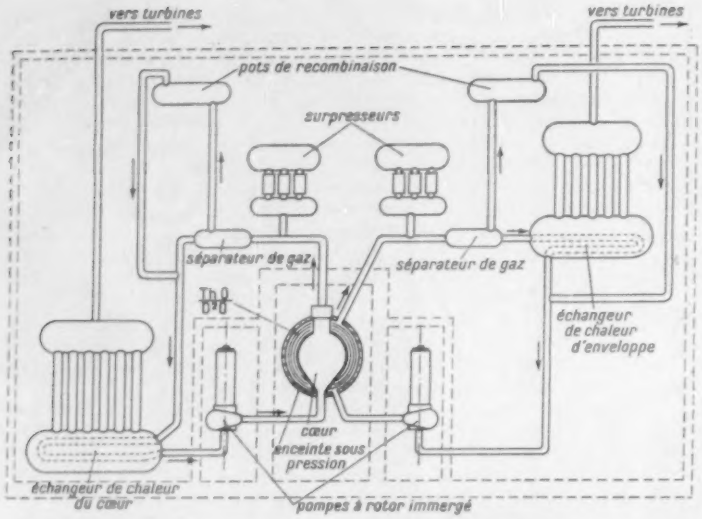


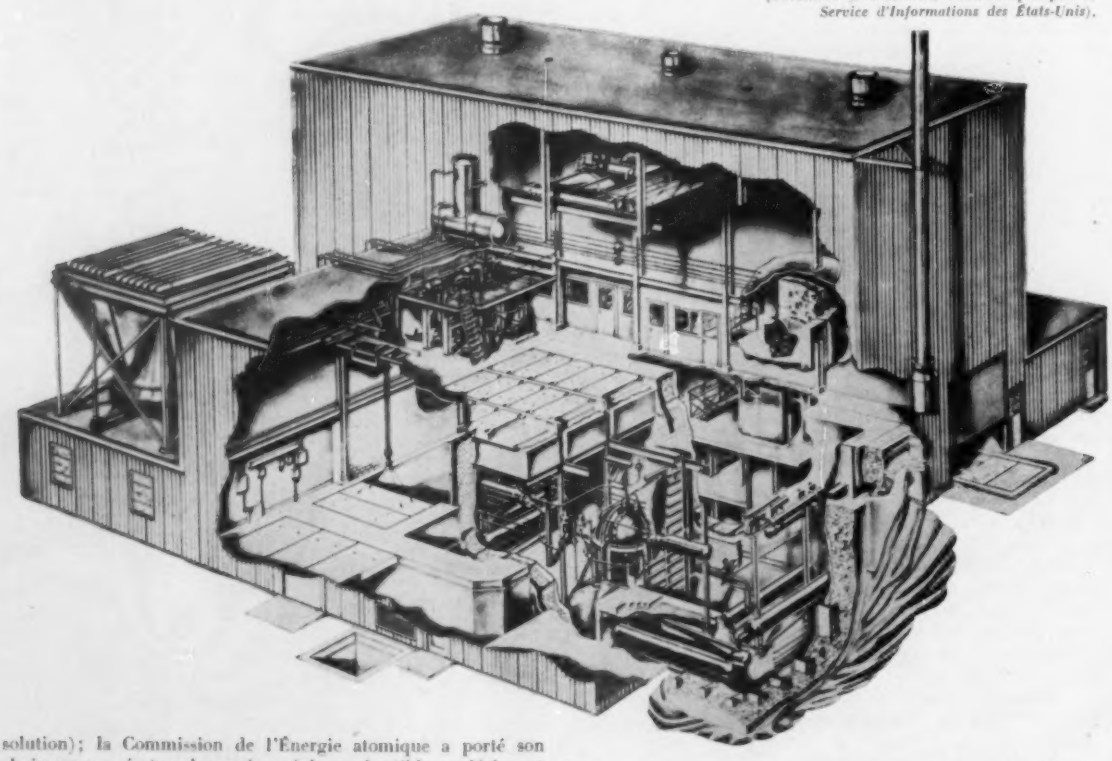
Fig. 7 *(ci-contre).* — ***Schéma du réacteur homogène d'Oak Ridge.***

Ce schéma apparaît nettement plus compliqué que ceux des autres réacteurs. Ceci est dû en grande partie au fait que dans ce cas, il y a deux fois plus de circuits ; il y a le circuit du cœur, qui mis à part le séparateur des gaz de radiolyse produits par décomposition de l'eau, abondante dans la formule homogène, est semblable au circuit du P.W.R. à eau surpressée, avec échangeur de température et pompe de circulation ; le deuxième circuit est celui (à droite sur le schéma) du réflecteur, dont la chaleur est également récupérée avec échangeur de chaleur et pompe de circulation. Les gaz de décomposition de l'eau (mélange stœchiométrique d'hydrogène et d'oxygène) sont généralement recombinés et libèrent des calories à entropie élevée, qui sont utilisées pour surchauffer la vapeur avant que celle-ci soit envoyée au circuit des turbines.

Fig. 8 *(ci-dessous).* — ***Dessin montrant la disposition des divers organes du réacteur homogène expérimental d'Oak Ridge.***

On aperçoit la sphère du réacteur et les diverses canalisations et organes. Le réacteur est logé dans une fosse qui, en cas de besoin, peut être remplie d'eau pour effectuer des réparations, la masse d'eau formant écran aux rayonnements (comme dans le *Swimming Pool* de Genève). A droite du bâtiment, à l'arrière-plan, la salle de contrôle et de commande.

(Document aimablement communiqué par le Service d'Informations des États-Unis).



solution); la Commission de l'Énergie atomique a porté son choix sur un réacteur homogène où le combustible nucléaire est une solution aqueuse de sulfate d'uranyle, où l'uranium est enrichi à environ 90 pour 100 en U 235.

La réalisation de ce réacteur homogène a été confiée au Laboratoire national d'Oak Ridge, géré par l'Union Carbide and Carbon Co, et dont le directeur de recherches est A. Weinberg, ardent défenseur des avantages de la formule homogène. L'achèvement en est prévu pour 1956. Sa puissance thermique sera de 5 000 à 10 000 kW. Son prix de construction n'est pas connu, car ce projet remplace deux autres projets de réacteurs homogènes, respectivement de 3 000 et 65 000 kW. Signalons seulement que l'énergie produite par ce réacteur a des chances de devenir rapidement compétitive.

Les avantages d'un tel modèle sont nombreux. Parmi les principaux, nous citerons la sécurité nucléaire absolue, due au coefficient de température négatif (ce qui revient à dire que les chances que le réacteur « s'emballe » diminuent quand sa

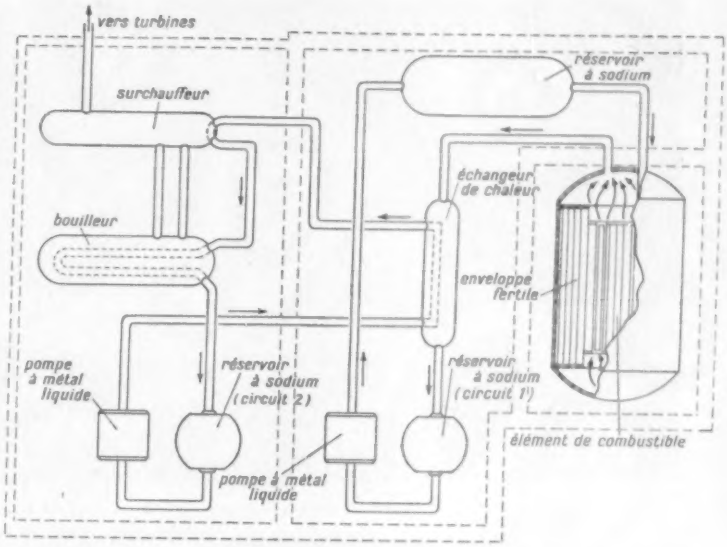


Fig. 9. — *Schéma de réacteur-régénérateur à neutrons rapides et métal fondu.*

On aperçoit dans le récipient du réacteur deux parties distinctes. Au centre, le cœur en uranium, à l'intérieur duquel circule le sodium fondu qui emporte dans les circuits d'échange de chaleur (semblables en principe à ceux du S.R.E.) les calories produites par les fissions nucléaires. A la périphérie, l'enveloppe fertile, en uranium non fissile ou en thorium, qui absorbera les neutrons quittant le volume du cœur et produira ainsi un nouveau matériau fissile (voir *La Nature*, octobre 1955, p. 379, fig. 3).

température augmente, c'est-à-dire qu'il est auto-régulateur). Il faut citer aussi une simplicité remarquable de conception : « une marmite, une pompe, un tuyau », comme dirait Weinberg. On a la possibilité de traiter la solution en continu pour enlever les produits provenant de la fission et qui « empoisonnent » lentement le réacteur. Si l'on ajoute que les quantités de combustible nucléaire nécessaires pour maintenir la réaction en chaîne sont minimales, on comprendra aisément que cette solution soit séduisante.

Cependant il n'y a pas d'avantages sans contrepartie. L'inconvénient le plus important que présente le réacteur homogène réside en la circulation, à l'extérieur de la pile, d'un fluide particulièrement dangereux dont la radioactivité est équivalente à plusieurs centaines de kilogrammes de radium. Les problèmes d'étanchéité de toutes les canalisations sont particulièrement graves et doivent recevoir une solution absolument rigoureuse. La plus petite fuite peut avoir des conséquences désastreuses.

Le réacteur homogène d'Oak Ridge (fig. 7 et 8) utilisera comme on l'a vu, une solution de sulfate d'uranyle à uranium enrichi. Le modérateur sera de l'eau lourde et la température moyenne de fonctionnement sera de 300° C, avec possibilité de surchauffe de la vapeur produite en utilisant l'énergie de recombinaison de l'eau décomposée par le phénomène de fission et les fragments émis. Le réflecteur est en eau lourde également, à la même température et à la même pression de 140 kg/cm². Modérateur dans le cœur et réflecteur sont séparés par un récipient mince en zirconium ayant de bonnes propriétés anticorrosives et une faible section efficace d'absorption des neutrons. Cette propriété nucléaire du zirconium, jointe à celle de l'eau lourde, a permis de prévoir un fonctionnement ultérieur en régénérateur avec le cycle U 233-thorium, le thorium étant réparti sous forme de suspension dans le réflecteur. Cette possibilité, semble-t-il, assure à une telle formule homogène un avenir particulièrement brillant.

Le réacteur expérimental breeder à neutrons rapides ou E.B.R.2. — Ce prototype diffère fondamentalement des quatre autres réacteurs américains que nous venons de passer en revue; en effet, la chaîne de fissions nucléaires est ici propagée et entretenue non par des neutrons ralentis dans un modérateur jusqu'à des énergies thermiques, mais par des neutrons directement issus de fission, non ralentis et pour cela dits « rapides », aux énergies comprises entre quelques keV et 10 MeV. La section efficace de fission pour l'uranium 235, le plutonium 239 ou l'uranium 233 étant notablement plus faible quand l'énergie s'élève, pour avoir le même nombre de fissions que dans un réacteur dit thermique (et, partant, la même puissance en chaleur), il faudra disposer de quantités beaucoup plus importantes de matière fissile. Le contrôle d'un tel réacteur est très délicat pour des raisons très complexes de physique neutronique.

Le réacteur expérimental breeder aux neutrons rapides est construit par le Laboratoire national d'Argonne, près de Chicago qui réalise également, comme on l'a vu, la construction du réacteur expérimental à eaux bouillante. La date d'achèvement est prévue pour 1958. La puissance thermique sera de 65 000 kW, la puissance électrique de 16 000 kW. La construction reviendra à 40 millions de dollars (environ 14 milliards de francs).

La caractéristique principale de ce réacteur sera un gain de régénération important. Dans les modèles précédemment cités, de nombreux neutrons se perdent au cours de leur ralentissement au sein du modérateur; l'absence de modérateur diminue beaucoup les pertes. Cet excès de neutrons conduit à un facteur de régénération élevé, c'est-à-dire à la possibilité de produire notablement plus de combustible qu'il n'en est consommé.

Avec le développement de tels réacteurs, on peut penser que la disette d'énergie n'est plus pour demain, puisqu'on retirera plus de matière fissile qu'on n'en y aura introduit. Or, l'uranium et le thorium, à partir desquels cette matière fissile est obtenue, sont en quantité apparemment inépuisable dans l'écorce terrestre. Les hommes peuvent rêver... Ils ne manquent pas de le faire, en oubliant parfois quelques menues considérations de prix de revient sur lesquels il n'est pas encore permis, hélas, de passer simplement l'éponge...

De nombreux problèmes techniques sont d'ailleurs posés par le développement d'un tel réacteur, entre autres l'évacuation de puissances thermiques spécifique élevées, de l'ordre de 0,5 à 1,5 kW par gramme de matière fissile. Le fluide choisi pour évacuer la chaleur a été, là aussi, du sodium fondu permettant une utilisation thermique élevée (fig. 9).

Ce réacteur sera vraisemblablement appelé dans l'avenir à des développements assez spectaculaires; il constitue, avec les réacteurs homogènes à neutrons thermiques, une des voies les plus prometteuses pour l'avenir de l'énergie nucléaire.

Autres réacteurs de puissance en construction. — Bien que de nombreux autres réacteurs soient en projet, nous nous limiterons en ne citant que le réacteur le plus intéressant actuellement en construction, le réacteur breeder à neutrons rapides de Dounreay (Écosse) (fig. 10).

Ce réacteur à neutrons rapides est prévu originellement avec une puissance de 60 000 kW de chaleur; il pourra fonctionner avec l'uranium 235 comme combustible et l'uranium 238 comme matériau fertile donnant du plutonium comme nouveau combustible dans le processus de régénération (breeding). Ce

Fig. 10. — *Dessin montrant la future centrale nucléaire de Dounreay en Écosse du Nord.*
Le trait dominant est la sphère en acier qui contient le réacteur. Cette sphère, de 45 m de diamètre, est destinée à résister aux pressions très élevées qui seraient engendrées en cas d'accident (*Document aimablement communiqué par l'Ambassade de Grande-Bretagne*).

réacteur sera refroidi avec du sodium fondu, et il est conçu avec une grande souplesse de fonctionnement pour constituer principalement un banc d'essai de réacteurs et de matériaux.

On parle encore de nombreux projets de réacteurs, aux États-Unis, au Canada, en Angleterre, en France, en Norvège, en Russie, basés sur les principes que nous venons de dégager. Leur liste serait longue et risquerait pourtant d'être très incomplète puisque les projets ne sont pas tous connus. Nous aurons l'occasion d'y revenir et de noter les principaux progrès.

Nous venons de dire que tous les projets ne sont pas connus. Il ne fut pas parlé, à la Conférence de Genève, de tous les réacteurs en fonctionnement ou en construction; on ne dit rien, entre autres, des réacteurs producteurs de nouveaux matériaux fissiles, ainsi que des réacteurs pour moteurs (de navires ou d'avions)...

*
* *

Nous conclurons donc en restant dans les limites que nous nous étions assignées en nous proposant seulement pour l'instant de noter ce que la Conférence de Genève a apporté de plus saillant. Dans le domaine des réacteurs de puissance, dont les solutions les plus remarquables ont été développées aux États-Unis, on peut constater une accélération vraiment extraordinaire du progrès technologique pendant ces dernières années. Les conceptions et solutions nouvelles comme l'emploi du zirconium ou des métaux liquides sont déjà pratiquement du domaine industriel et apportent des réponses dont nous ne nous étonnons même plus à des problèmes qui, il y a quelques années à peine, ne paraissaient solubles que dans l'avenir le plus lointain. Cette accélération du progrès, qui a surtout frappé les spécialistes réunis à Genève, permet de croire maintenant que l'énergie nucléaire compétitive sur le plan économique est pour une date très proche, plus proche qu'il n'était initialement prévu. Elle atteindra ce stade par des méthodes industrielles qui lui sont propres et qui relèvent de cette nouvelle science qu'est le génie nucléaire, aux aspects aujourd'hui saisissants, mais qui ne tarderont pas à nous être familiers.

MICHEL SORGER.

L'anti-proton ou proton négatif

On sait encore peu de choses sur la récente découverte de l'anti-proton, ou proton négatif, par l'équipe des atomiciens de Berkeley que dirige le professeur Lawrence, sinon que ce résultat a été acquis à l'aide du grand « bévatron » grâce auquel on peut accélérer des particules jusqu'à une énergie de 6 milliards d'électron-volts.

De même que l'électron positif avait été imaginé, il y a un quart de siècle, bien avant d'être retrouvé dans les phénomènes radioactifs, le proton négatif existait depuis longtemps dans l'esprit des physiciens. A défaut de l'unité et de la simplicité à laquelle il a fallu renoncer en voyant pulluler les particules dites « élémentaires », on rêve d'une symétrie qui est encore une forme de simplicité. On sait que l'électron positif, bien qu'en lui-même il soit stable, ne peut subsister longtemps dans notre univers, car dès qu'il rencontre un électron négatif il fusionne avec lui pour donner deux photons de grande énergie. Inversement, une paire d'électrons de signes contraires peut être créée à partir d'un rayon gamma tel qu'en émettent les noyaux radioactifs en se désintégrant.

L'énergie à dépenser pour espérer créer une paire de protons de signes contraires devait *a priori* être bien plus grande que pour créer deux électrons. Ce sont des protons, accélérés jusqu'à une énergie individuelle de 5,5 milliards d'électron-volts, qui ont été précipités sur des noyaux de cuivre. Un proton étant brutalement stoppé, son énergie de mouvement est employée à créer un couple proton et anti-proton. Seul le nouveau proton aurait été mis directement en évidence, mais la création simultanée d'un partenaire négatif ne pourrait faire l'objet d'un doute. Son existence en tout cas est fort brève car, de même que l'électron positif disparaît en s'unissant à un négaton, le proton négatif, stable en lui-même, ne peut subsister en présence des protons qui abondent partout. Il s'unit aussitôt à l'un d'eux, et tous deux s'annihilent en donnant une famille de mésons de plus en plus légers, qui à chaque génération convertissent une partie de leur masse en énergie de rayonnement.

J. G.

LES CANIDÉS

Le Loup, l'Ours, le Raton laveur, la Belette, la Genette, l'Hyène, le Lion, l'Otarie, le Morse, le Phoque sont les représentants d'autant de familles distinctes de Mammifères qui se nourrissent de chair. C'est apparemment la seule raison qu'on a de réunir tous ces animaux dans l'ordre unique des Carnivores. Or, si l'on excepte les Carnivores marins, dont on connaît peu de fossiles, ils dérivent tous d'un groupe primitif, les Créodontes, diversifié dès le début de l'ère tertiaire en plusieurs familles qui eurent un grand épanouissement pendant l'Éocène. La plupart étaient prédateurs ou charognards, tandis que certains manifestaient des tendances omnivores; les mêmes caractères se retrouvent dans la faune des Carnivores actuels. Chez beaucoup de Créodontes, certaines dents jugales, les *carnassières*, étaient plus particulièrement adaptées au cisaillement des chairs. Suivant les familles, telle dent ou telle autre se différenciait en carnassière à chaque demi-mâchoire; il s'agissait le plus souvent de la première molaire supérieure et de la seconde inférieure. Toutes les familles de Créodontes se sont éteintes à l'exception des Miacidés, prédateurs peu spécialisés, dont les carnassières étaient la quatrième prémolaire supérieure et la première molaire inférieure. Les Carnivores terrestres actuels en sont les descendants et ont conservé ce caractère.

Dès l'Éocène, à partir des Miacidés, se détachent des formes qui, par l'intermédiaire des Viverridés (Genettes, etc.), aboutissent rapidement aux Carnassiers hautement spécialisés que sont les Félidés : réduction des molaires en arrière des carnassières, ongles rétractiles, etc. Il ne faudrait pas croire que les espèces actuelles représentent le terme extrême de l'évolution des Carnivores; les « tigres à canines en sabre », par exemple, au Miocène et au Pliocène, étaient beaucoup plus modifiés que les *Felis* actuels. Les Hyènes mangeuses de cadavres font également partie de cette descendance hyper-carnassière, rassemblée sous le nom de Féloïdés.

D'autres Miacidés continuèrent à développer de puissantes dents carnassières, sans toutefois sacrifier leurs autres molaires, tandis que leur capacité cérébrale s'accroissait. Ainsi naquit le type canidé qui se perpétua jusqu'à l'époque actuelle à travers de très nombreuses formes qui, somme toute, ne diffèrent guère des « Chiens » actuels. Mais il serait tout à fait artificiel de considérer isolément la lignée des Canidés car, tout au long de leur histoire depuis l'Éocène supérieur, il s'en est détaché des formes, soit adaptées plus spécialement à tel ou tel régime carnassier, soit au contraire devenant de plus en plus omnivores. L'accentuation du type carnassier peut aboutir à une ressemblance avec les Félidés par raccourcissement de la face et augmentation du tranchant des dents ainsi qu'on l'observe chez *Simocyon* et *Speothos*.

Mais les dérivations les plus importantes sont celles qui ont mené à deux grands types d'omnivores toujours représentés dans la nature actuelle : à la fin de l'Oligocène se différencient les Procyonidés, au cours du Miocène les Ursidés. Ces omnivores voient leurs molaires s'allonger, perdre leur tranchant au profit d'une surface masticatrice tuberculée et les caractères distinctifs de la carnassière elle-même tendent à s'effacer. D'autre part ces animaux, de digitigrades deviennent plantigrades, suivant ainsi une évolution inverse de celle des premiers Créodontes. Parmi les Procyonidés se trouvent le Raton laveur et le Panda; ce dernier se nourrit exclusivement de tiges de bambou et réalise ainsi l'exploit d'être un Carnivore herbivore!

Si l'on convient de faire remonter l'histoire des Canidés à leur ancêtre si ressemblant de l'Éocène supérieur, il ne faut pas oublier que Raton, Panda et Ours en sont des descendants tout aussi légitimes, et les Mustélidés eux-mêmes (Belette, Loutre, Blaireau, etc.) peuvent revendiquer une parenté qui remonterait, il est vrai, à l'Éocène. Cette descendance associée aux Canidés a été rassemblée sous le nom de Canoïdés et s'oppose aux Féloïdés.

Aux yeux des paléontologistes, les Canidés sont donc, parmi les descendants de certains Miacidés, ceux qui en ont le mieux conservé les caractères de prédateurs peu spécialisés. Cela ne signifie pas que les Canidés n'aient pas évolué : le volume de leur encéphale a beaucoup augmenté et, par rapport à leurs ancêtres capables de courir, nager, creuser et grimper, ils sont meilleurs coureurs et moins bons grimpeurs. Les limites qui séparent dans le temps les Canidés des rameaux voisins sont souvent difficiles à préciser et c'est ainsi que les paléontologistes considèrent volontiers les Ours comme des « Chiens géants, avec élongation secondaire des molaires ».

Après cette introduction paléontologique, nous allons passer en revue les représentants de la faune actuelle des Canidés, en insistant davantage sur les espèces les moins connues [1].

1. Les données sur la répartition, la systématique et la morphologie proviennent de M. Hildebrand, *Comparative Morphology of the body skeleton in recent Canidæ*, University of California, 1954. La thèse sur l'origine des chiens que nous résumons est soutenue de façon fort attachante par G. Deghambre, *Les Chiens*, Coll. Que sais-je ?, Paris, 1952. Les données sur le Coyote proviennent de R. E. Trippensee, *Wildlife management II : fur beavers, water fowl and fish*. McGraw-Hill, New-York, 1953. Les mœurs du Lycaon ont été étudiées dans diverses publications de l'Institut des Parcs nationaux du Congo belge, par R. Verheyen, H. Heediger, etc.

Fig. 1 et 2. — *Au Zoo de Vincennes.* — *A gauche :* ***Loups*** **(Canis lupus).** — *A droite :* ***Renard*** **(Vulpes vulpes)** (*Photos* G. Deghambre).

Le genre *Canis*. — Le Loup. — Chassé par l'Homme, le Loup (fig. 1) a pratiquement disparu d'Europe et d'Amérique du Nord, mais son souvenir y reste vivace. C'est le plus fort des Canidés, les mâles pesant souvent plus de 50 kg. A l'origine son territoire comprend l'Europe, l'Asie et l'Amérique du Nord, à l'exception des zones subtropicales et des déserts. Il parcourt indifféremment prairie, toundra et forêt ouverte. On peut distinguer de l'espèce principale, *Canis lupus* ou Loup gris, une autre particulière au Sud des États-Unis, *Canis niger* ou *red wolf*.

Le Loup s'attaque de préférence, dit-on, au gros gibier : bison, antilope, cerf, daim, caribou, etc. En réalité son régime alimentaire dépend essentiellement des facilités offertes par le lieu et la saison. Comme beaucoup d'autres prédateurs, il fait au printemps une grosse consommation de petits rongeurs et ne dédaigne pas les grenouilles. A l'automne, il peut pendant des jours se nourrir presque exclusivement de baies mûres. En hiver, par contre, le gros gibier devient sa ressource principale et il se révèle magnifiquement adapté à sa capture : rapidité et plus encore endurance, chasse en bande, formidable denture et puissante mâchoire. Le Loup montre qu'une adaptation peut être réalisée avec une grande perfection sans entraîner une spécialisation exclusive.

Les loups semblent vivre normalement de 10 à 20 ans et former des couples durables.

Le Coyote. — Abondamment répandu sur tout le continent nord-américain, à l'exception des régions orientales du Canada et des États-Unis, le Coyote *(Canis latrans)* se distingue du Loup par une taille moindre (10 à 15 kg, exceptionnellement plus de 20) et de tous les autres « chiens » par son cri très particulier : « C'est un staccato aigu, tremblé de yip yap, qui souvent se termine par une série de hurlements élevés, perçants et déchirants ». Son nom est une déformation espagnole du mot aztèque « coyotl »; on l'appelle aussi loup de broussaille, chacal américain, loup de prairie, loup de steppe.

Aucun Carnivore n'a fait face aux perturbations causées par l'Homme dans la nature avec autant de succès que le Coyote. Il y a environ 80 ans fut déclenché en Amérique du Nord un assaut à la strychnine, qui restera sans doute la plus grande tentative d'empoisonnement jamais entreprise. Loups et coyotes moururent par milliers au plus grand profit des empoisonneurs, le castor commençant à se raréfier vers 1860. La fourrure du Coyote n'a pas cessé d'être utilisée depuis, et cependant cette espèce est aussi prospère qu'au siècle dernier.

Fig. 3. — *Le Dingo* (Canis dingo) *(Photo New-York Zoological Society).*

Inconnu en Alaska avant la ruée vers l'or en 1898, on le rencontre de nos jours sur presque tout ce territoire. Avant la conquête espagnole il était inconnu en Amérique centrale, mais son extension au sud du Mexique a rapidement suivi l'introduction des moutons et des chèvres. Aux États-Unis, le Coyote était à l'origine un animal des prairies de plaine et de vallée. Pendant ces dernières années on a observé son apparition dans les régions forestières et montagneuses, ce qui n'est pas encore le cas au Mexique. Cette acquisition rapide de nouveaux territoires est une modification frappante de l'équilibre des espèces, résultant de l'activité humaine.

Les couples de coyotes sont temporaires. Les femelles s'accouplent dès l'âge d'un an. Plus prolifiques que les louves, leurs portées comptent en moyenne une demi-douzaine de petits, mais souvent davantage; ceux-ci sont élevés dans une tanière qui le plus souvent n'est qu'un terrier agrandi de lapin ou de blaireau. La même famille dispose de plusieurs tanières, ce qui lui permet d'échapper à certaines attaques..., notamment celle des mouches. La gestation dure deux mois comme chez tous les Canidés. Le sevrage a lieu à l'âge d'un mois, mais les jeunes ne quittent pas la tanière avant 8 ou 10 semaines et la famille entière reste unie dans ses déplacements tard dans la saison. La longévité du Coyote est à peu près la même que celle du Loup gris.

Le Coyote constitue un élément très important de la faune américaine et son comportement a été l'objet d'études récentes aux États-Unis. Les coyotes ne semblent pas attachés fermement à un territoire donné; d'un groupe de coyotes marqués et relâchés au même point, au Nouveau-Mexique, on a capturé après quelques mois des individus répartis dans un rayon de plus de 150 km. Dans une expérience similaire faite au Colorado, la distance parcourue dépassait 400 km en une saison, les coyotes ayant suivi la transhumance des moutons.

Le régime alimentaire rappelle celui du Loup, quoique plus varié encore. Dans le bétail et la volaille ses préférences vont aux moutons, poulets, dindons et porcelets. Ses proies sauvages sont les daims, faons, bouquetins, antilopes, castors, coqs de bruyère, cailles, canards sauvages au nid, alouettes et oiseaux de toutes sortes, ainsi que leurs œufs. Il enrichit son menu de divers fruits sauvages et cultivés et consomme une abondance de rongeurs tels que chiens de prairie, écureuils terrestres, lapins, etc. Il dévore aussi des insectes, en particulier des sauterelles, ainsi que des grenouilles, des lézards, des serpents et se fait volontiers charognard.

Le Chacal. — Les Canidés connus sous le nom de chacals ne sont pas exclusivement charognards, comme en témoigne l'espèce la mieux connue, *Canis aureus*, ou Chacal asiatique (fig. 5), répandue dans la péninsule balkanique, en Asie mineure, Afrique du Nord, Arabie et Asie méridionale jusqu'au Siam. Il s'attaque à des mammifères atteignant la taille du daim et du mouton mais son régime très varié comprend des oiseaux, des lézards, des fruits et des insectes. Son poids ne dépasse guère 12 kg. Le Chacal à dos noir (*Canis mesomeles*) (fig. 4), qui se trouve en Afrique depuis les Somalis jusqu'au 20° degré de latitude, diffère peu du précédent. Une espèce de plus forte taille habite le Sud de l'Afrique, c'est le Chacal à côtés rayés ou *Canis adustus*. Autour de ces trois espèces on peut distinguer un grand nombre de formes régionales.

Le Dingo. — La présence d'un Carnivore placentaire en Australie, terre des Marsupiaux, est assez surprenante. Cet animal, *Canis dingo* (fig. 3), ressemble beaucoup à un gros chien à queue touffue, avec des oreilles rondes dressées et une rude fourrure fauve. Autrefois répandu dans tout le continent, les dingos se réfugient maintenant dans les régions montagneuses broussailleuses ou boisées. Ils se croisent avec les races de chiens domestiques et les dingos de race pure se font rares. Il est hau-

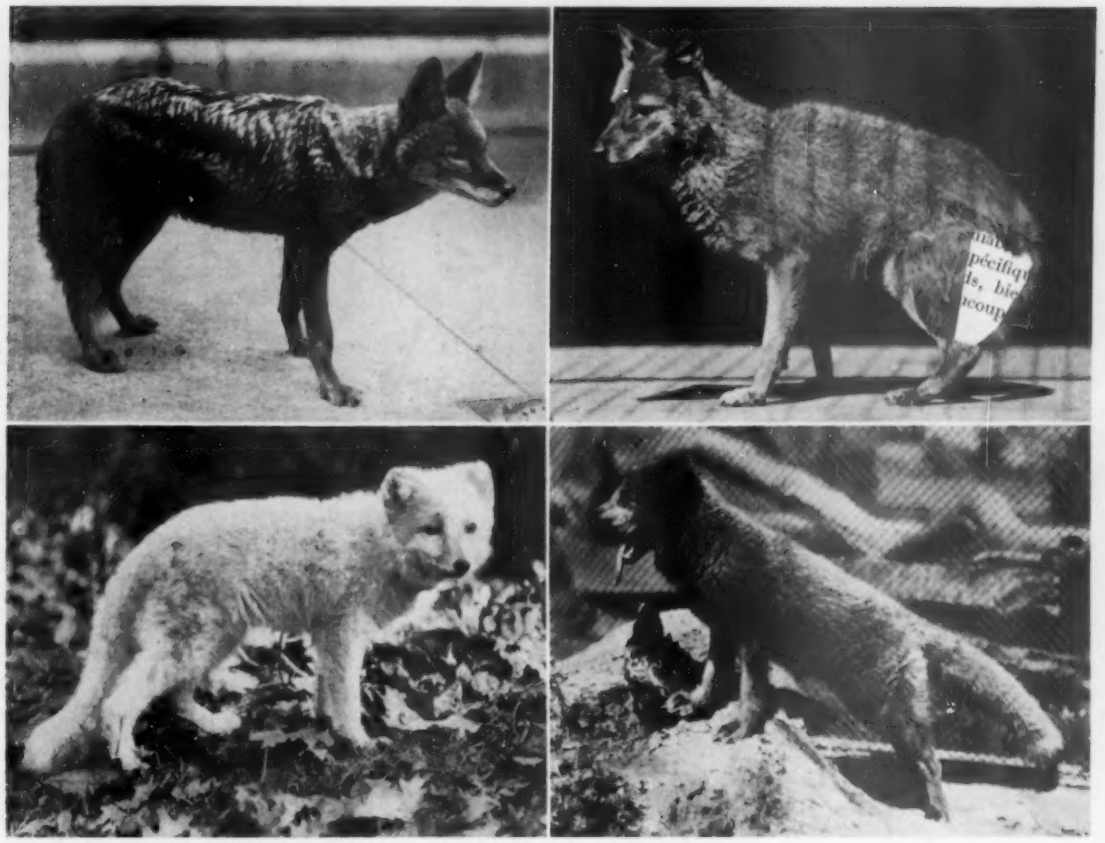


Fig. 4 à 7. — *De gauche à droite et de haut en bas :* ***Chacal à dos noir*** **(Canis mesomeles)** ; ***Chacal asiatique*** **(Canis aureus)** ; ***Renard arctique*** **(Alopex lagopus)**, ***pelage d'hiver et pelage d'été*** *(Photos New-York Zoological Society).*

tement vraisemblable que les dingos se sont introduits en Australie avec les aborigènes dans un état de semi-domesticité. Ils ont sans doute accéléré la disparition du Loup de Tasmanie, carnivore marsupial présent au Quaternaire dans tout le continent australien.

Les Chiens domestiques. — En plaçant toutes les formes de chiens domestiques sous la dénomination spécifique commune de *Canis familiaris*, on ne supprime pas l'extraordinaire hétérogénéité de cette population, mais on sous-entend que toutes les races actuelles se sont diversifiées à l'état domestique à partir d'une forme unique. Or, cette façon de voir reste conjecturale, car les problèmes d'origine sont pour les chiens comme pour beaucoup d'autres animaux et plantes domestiques encore loin d'être résolus. Ce n'est pas pour partager le dédain de certains zoologistes envers les animaux domestiques que nous nous bornons à évoquer cette question ici. L'étude des modifications extrêmement variées que manifestent les espèces à l'état domestique facilite beaucoup la compréhension des formes sauvages. Mais la place nous manque pour envisager le cas des chiens dans toute son ampleur.

L'accession des chiens à la domesticité semble s'être faite par l'intermédiaire d'un stade de commensalisme spontané. Les chiens Pariahs des pays méditerranéens et orientaux nous permettent d'observer ce phénomène : ces chiens sauvages recherchent les groupements humains, se nourrissant en grande partie d'ordures; ils sont agressifs à l'égard des intrus, hommes ou animaux, manifestant ainsi des tendances de chiens de garde avant même d'être apprivoisés. Ce sont de tels chiens qui ont dû accompagner les tribus préhistoriques, comme on a pu observer les dingos suivre les campements des aborigènes australiens.

Chaque fois que ces chiens sont passés à un état de domesticité plus poussée, la pression de la sélection naturelle s'est atténuée et la variabilité canine s'est manifestée librement. C'est de ce stock varié que plus tard les éleveurs ont isolé des types par une sélection, humaine cette fois, qui a abouti aux races actuelles. Toutes les races de chiens ne se sont sans doute pas formées ainsi. Certains lévriers, par exemple, semblent provenir de chiens sauvages qui, dans des régions plates et désertiques, étaient déjà adaptés à la chasse à vue d'animaux extrêmement rapides.

Dans cette façon de voir le chien aurait été domestiqué dans plusieurs régions indépendamment à partir de « chiens sauvages » commensaux de l'Homme. Le problème est alors de savoir comment se sont créées ces populations commensales : il peut s'agir soit d'individus d'une des espèces sauvages actuelles de *Canis*, soit d'une espèce préexistante qui s'est entièrement adonnée au commensalisme, puis à la domesticité. Parmi les espèces sauvages, le Chacal peut prendre rang avantageusement; de nos jours, il manifeste une forte tendance à se rapprocher de l'Homme. Mais ces distinctions d'origine ne sont

pas aussi tranchées qu'on le dit, si l'on songe qu'autrefois comme aujourd'hui des croisements interviennent entre chiens sauvages et chacals, ou loups, ainsi qu'entre les chiens domestiques et les espèces précédentes. Au total on peut considérer l'ensemble du genre *Canis* comme une espèce très polymorphe qui différencie rapidement des formes adaptées à telle région et tel régime, formes qui restent susceptibles de s'hybrider.

Les Renards. — Les animaux que nous venons d'examiner appartiennent tous effectivement au genre *Canis* et leur étroite parenté est indéniable, ainsi qu'en témoigne la fertilité des croisements interspécifiques à l'intérieur de ce genre. Les Canidés appelés renards, bien que très semblables par leur aspect extérieur, ont beaucoup moins d'unité et appartiennent à plusieurs genres.

Les renards proprement dits constituent le genre *Vulpes* qui comprend plus d'espèces qu'aucun autre genre de Canidés. Ce sont des animaux sveltes, au museau étroit, aux larges oreilles, à fourrure longue et douce et à queue fournie. Leur répartition

Fig. 8. — *Le « chien raton »* (Nyctereutes procyonoides).
(Photo New-York Zoological Society).

est presque aussi étendue que celle du genre *Canis* ; les seules régions d'où ils soient absents sont Madagascar, la péninsule indochinoise et l'Indonésie, l'Australie, l'Amérique centrale et du Sud, l'Arctique.

Le Renard commun, *Vulpes vulpes* (fig. 2), est répandu dans tout l'hémisphère nord. Les fourrures de Renard proviennent en majeure partie de variétés de cette espèce. Les teintes les plus courantes dans la nature vont du roux au jaune paille, mais le noir et le blanc purs s'obtiennent par mutation, ainsi que leur mélange.

Cet animal, convoité pour sa fourrure et dont la chasse est des plus appréciées, reste néanmoins fort abondant. Il est comparable jusqu'à un certain point au Coyote pour son adaptabilité à la nature humanisée. Le cas est particulièrement frappant en Amérique du Nord où, sur une partie de son territoire, au Nord des États-Unis et au Canada, le Renard roux coexiste avec un autre Canidé, *Urocyon cinereoargentatus* ou *gray fox* (Renard gris).

Ces deux animaux sont de même taille, pesant 4 à 7 kg, et ne diffèrent apparemment que par leur teinte. Le Renard gris n'est prisé ni pour sa fourrure ni pour sa chasse et cependant il est partout moins abondant que le Renard roux. On note qu'il est assez strictement inféodé à l'habitat forestier. Les deux espèces semblent incapables de s'hybrider.

Les services américains dont nous avons déjà utilisé les documents au sujet du Coyote ont étudié également le régime alimentaire du Renard roux et du Renard argenté : « Le Renard est omnivore, mangeant à la fois des substances animales et végétales. Fruits et baies tiennent une place importante dans la nourriture d'été et d'automne, et les lapins, les lièvres et les souris constituent les denrées principales des renards roux et gris en hiver. En général, les oiseaux et leurs œufs ne constituent qu'une faible part du régime des renards. La nourriture animale accidentelle comprend la grande marmotte (d'Amérique), le porc-épic, le rat musqué, des gallinacés et de petits oiseaux, des charognes, des insectes et de la volaille. L'herbe, le maïs et les graines d'arbre, y compris les glands, constituent une part importante du régime. L'herbe mangée ne semble pas avoir de rôle nutritif, puisqu'elle effectue le transit sans être digérée. »

Le Renard arctique, *Alopex lagopus* (fig. 6 et 7), se reproduit au nord de la limite de croissance des arbres tout autour de l'Océan arctique. Cependant, certaines années où la population est particulièrement abondante, on en rencontre au sud de cette limite. Ceci est à mettre en rapport avec la variation cyclique inexpliquée du nombre des Rongeurs dont il se nourrit. Le Renard arctique est de la même taille que le Renard roux. En hiver son pelage devient blanc. A cette époque il se déplace librement sur la banquise et on en a rencontré jusque dans les régions centrales de l'inlandsis groënlandais. Il se nourrit de lemmings, de perdrix des neiges, d'oiseaux de mer au nid et de leurs œufs, des restes de phoques abandonnés par les Ours blancs, de poisson et parfois de phoques nouveau-nés et de leur placenta. Au Groënland, certains de ces renards s'adaptent plus fortement au littoral, consommant crustacés, coquillages et oursins.

Fig. 9. — *Fennec* (Fennecus zerda) *au Zoo de Vincennes.*
(Photo G. Broihanne).

Les trappeurs capturent aisément le Renard arctique, dont la fourrure, dans sa phase blanche et plus encore sa variété bleue, est très prisée.

Bien que le nombre de chromosomes du Renard arctique soit de 52 et celui du Renard roux de 34, ces deux animaux se croisent en captivité. Les hybrides sont probablement stériles.

Les Canidés asiatiques. — Outre les *Canis* et les *Vulpes* dont il a déjà été question, on trouve en Asie deux genres de Canidés qui lui sont propres : *Nyctereutes* et *Cuon*.

Fig. 10. — *Un groupe de Lycaons, montage du Muséum américain d'Histoire naturelle.*
On a reconstitué une plaine du Tanganyika, la Serengeti (*Photo American Museum of Natural History*).

En Chine et au Japon vit un petit Canidé gris et chamois de couleur, aussi court sur pattes qu'un Renard et portant une courte queue touffue. La fourrure qui est formée de longs poils au-dessus d'une bourre épaisse et douce est très appréciée. Les taches sombres qui entourent ses yeux lui ont fait donner le nom de « chien-raton » ou *Nyctereutes procyonoides* (fig. 8). Il fréquente les taillis et les oseraies au bord des rivières. Ses proies sont terrestres, amphibies et aquatiques. Ses mœurs et même sa répartition sont mal connues.

Le « Dhole », *Cuon alpinus* (fig. 12), appelé aussi « chien rouge », est un peu plus court sur pattes et a le museau plus fin que le Loup; sa queue évoque davantage celle du Renard. Il pèse de 15 à 20 kg. Sa fourrure est habituellement rousse ou fauve, ses oreilles sont rondes et il possède à la base de la queue une zone glandulaire nue qui émet une odeur puissante. Les dholes sont forestiers et chassent en famille ou par bandes qui peuvent atteindre plusieurs dizaines d'individus. Ils attaquent les porcs sauvages et les daims, et même, lorsqu'ils sont en bande, les buffles, les ours noirs et les panthères. Les dholes occupaient à l'origine la Chine, Sakhaline, la péninsule indochinoise, l'Inde, Java, Sumatra; à l'heure ectuelle, ils ont disparu de Corée et d'une grande partie de la Chine.

Les Canidés africains. — L'Afrique également compte en plus de ses *Canis* et *Vulpes* trois genres particuliers : *Fennecus*, *Lycaon* et *Otocyon*.

Le Fennec, *Fennecus zerda*, ou Renard des sables (fig. 9), est un charmant petit animal répandu dans toute l'Afrique du Nord et jusqu'en Palestine. Le degré de son extension en Arabie n'est pas connu. Comme beaucoup d'animaux des régions désertiques il possède un pelage extrêmement clair, de très grandes oreilles, des membres graciles et des mœurs nocturnes. C'est le plus petit des Canidés. Il vit dans des terriers à la lisière des oasis, sous les palmiers. Il se nourrit de souris, de lézards, d'insectes, d'œufs et de dattes. Le Fennec s'apprivoise très aisément et devient alors un compagnon turbulent et enjoué. Malgré cela il est très mal connu.

Au centre de l'Afrique vit le Lycaon (*Lycaon pictus*) ou *huntig dog* (fig. 10), terrible carnassier qui sous les tropiques joue le rôle du Loup. A l'égal du Loup, cet animal est le héros d'innombrables récits où l'imagination et la légende tiennent une large place.

Le Lycaon occupe les régions tropicales Nord et Sud ainsi que les hauts plateaux équatoriaux, où il fréquente de préférence la forêt claire et les plaines buissonneuses. C'est un animal de forte taille, les mâles pouvant peser plus de 30 kg. Son pelage est parsemé de taches irrégulières noires, blanchâtres, jaunes ou fauves, de façon très variable, cas unique parmi les Canidés sauvages. La tête est lourde, le museau épais, les oreilles larges et rondes. Des glandes anales émettent une forte odeur.

Le Lycaon est un des Canidés les plus grégaires et chasse généralement en meutes d'un nombre variable de têtes, le plus souvent une dizaine, parfois 40 à 70. Lorsqu'il chasse, sa méthode de locomotion est très caractéristique : à chaque bond sa tête apparaît au-dessus des herbes. La proie repérée, il se lance dans le sillage de la bête qu'il poursuit jour et nuit. La tactique consiste en une poursuite soutenue et de longue durée qui épuise la victime. Quand elle est rejointe, les lycaons lui cassent les pattes, lui ouvrent le ventre et la dévorent encore palpitante avec une rapidité étonnante.

Il n'y a vraiment que les Mammifères de forte taille, éléphants et hippopotames, qui puissent échapper à la voracité d'une bande. Les troupeaux de zèbres, qui savent resserrer leurs rangs et éviter la panique, réussissent souvent à leur résister et de ce fait attirent un grand nombre d'autres herbivores. Les lions isolés peuvent succomber sous le nombre. On assure même que les lycaons dévorent ceux des leurs qui sont gravements blessés dans un combat avec des fauves ou des antilopes armées. Les lycaons ne dédaignent pas les rongeurs, les jeunes gallinacés, rallidés et outardes. Cependant ces animaux féroces ne semblent pas chasser autrement que pour se nourrir. Hediger relate à ce propos :

« Lorsque nous avons fait notre première rencontre avec un troupeau de lycaons et avons vu, en même temps, une antilope oribi seule en présence de ces carnassiers, j'ai cru, après tout

ce que j'avais entendu dire au sujet de ces chiens sauvages, qu'ils allaient déchirer l'oribi sur-le-champ. A la file indienne, les lycaons passèrent devant l'oribi, qui les contempla tranquillement et ne disparut que plus tard à grands bonds... Nous avons de nouveau rencontré une troupe de lycaons de seize têtes. A en juger d'après la ligne de leur ventre, ces animaux s'étaient aussi rempli l'estomac pendant la nuit et ne prêtaient par conséquent aucune attention non plus à un oribi qui se trouvait à proximité d'eux. Pour un fauve rassasié, même une proie n'a pas de « valence-proie », et, pour la proie, le fauve lui-même n'a pas de « valence-ennemi ».

Les lycaons n'ont pas de territoire fixe et ils effectuent des déplacements considérables en une seule journée. Leurs apparitions dans une contrée sont soudaines et échelonnées dans le temps, sans rythme apparent.

Les Égyptiens, qui furent de grands chasseurs, utilisaient les lycaons ainsi que bien d'autres animaux : chiens, chats, chacals, léopards, hyènes, guépards et même lions. Hyènes et lycaons furent abandonnés vers la XIIe dynastie, probablement à cause de leur pénétrante odeur.

Fig. 11. — *Loup à crinière* (Chrysocyon brachyurus).
(Photo Zoological Society of London).

Il existe au Sahara une race de lycaon au pelage plus clair, qui présente comme le Fennec des bulles auditives hypertrophiées. On ignore la signification de ce caractère présenté par la plupart des animaux des déserts.

Les lycaons sont très redoutés des éleveurs et bien qu'ils soient très difficiles à empoisonner, étant donné leur goût exclusif pour la chair fraîche, leur chasse active entraîne une diminution rapide de leur nombre. Ils n'attaquent pas l'homme.

Le « renard à grandes oreilles », *Otocyon megalotis* (fig. 13), appelé encore renard du désert, vit dans l'Afrique du Sud-Ouest et dans les Somalis. Son aire de répartition est en réalité mal connue. C'est comme le Fennec un animal très gentil et facile à apprivoiser, bien que craintif. Il possède un museau pointu et de très grandes oreilles. Il pèse 3 à 4 kg. Il se nourrit essentiellement d'insectes : termites, fourmis, criquets, etc. Il capture également de petits rongeurs, des oiseaux nichant à terre et leurs œufs et mange aussi des fruits.

Les Canidés sud-américains. — Les Canidés sud-américains, dont on peut distinguer cinq genres (*Speothos*, *Chrysocyon*, *Cerdocyon*, *Dusicyon* et *Lycalopex*), sont de nouveaux venus. En effet, les deux Amériques ont été séparées pendant tout le Tertiaire. Pendant cette immense période d'isolement, l'Amérique du Sud a développé une faune aussi originale que celle de l'Australie, et dont les éléments les plus importants étaient des Marsupiaux et des Édentés. L'établissement de l'isthme de Panama à la fin du Pliocène a permis un échange faunique intense entre les deux continents. C'est ainsi que des Marsupiaux comme l'Opossum (*Didelphis*) et des Édentés comme le Tatou (*Dasypus*) envahissaient le Nord, tandis que des Carnivores placentaires comme les Canidés se répandaient dans le Sud. Malgré leur arrivée récente ces Canidés ont beaucoup de caractères originaux et le problème de leurs rapports avec les Canidés nord-américains (*Canis*, *Vulpes*, *Urocyon*) est très obscur.

Un Canidé qui par son aspect et ses mœurs rappelle Coyote et Chacal est répandu au Sud du Continent (Argentine, Chili) et occupe la zone andine jusqu'à l'Équateur. Il s'agit du genre *Dusicyon*, dont les diverses espèces affectionnent les pays découverts et sont connus sous les noms de *zorro de campo* et de *culpeo*. La race méridionale est d'assez forte taille; elle se nourrit de rongeurs, d'oiseaux, d'amphibiens et d'écrevisses; sa fourrure est appréciée.

C'est à proximité de *Dusicyon* qu'on peut ranger *Lycalopex vetulus*, le « chien à petites dents » dont le museau est très court. Il habite le sud et le centre du Brésil.

Le « chien mangeur de crabes », *Cerdocyon thous* ou *maikong*, habite tout le Brésil en région forestière. Il se nourrit de rongeurs, d'oiseaux, de sauterelles et de fruits et mérite davantage le nom de *zorro de monte* et *cachorro do Matto*. Il possède de grosses pelotes sous les pattes.

L'Aguaraguazu (*Chrysocyon brachyrus*) (fig. 11) est d'aspect bizarre. De corps pas plus long que celui d'un petit loup, il est cependant le plus haut des Canidés sauvages. Il a comme le Renard de larges oreilles, un museau étroit, une fourrure rousse, des pieds noirs et du blanc au bout de la queue qui est particulièrement petite. Les poils longs et lâches qu'il porte sur le dos lui valent le nom de *lobo de crin* (loup à crinière). Il est beaucoup moins féroce qu'un loup et à la différence des autres grands Canidés il ne chasse pas le gros gibier. Il se nourrit de lapins, de petits rongeurs, d'oiseaux, de grenouilles, de serpents, de figues et autres fruits, et parfois de canne à sucre. Sa prédilection pour les petits Mammifères qu'il chasse dans les régions herbeuses et buissonneuses du Brésil explique ses longues pattes qui lui permettent de surveiller de haut le mouvement des petits animaux dans la végétation, mais qui nuiraient plutôt à un grand coureur.

Autant le loup à crinière se fait remarquer par ses pattes démesurément étirées, autant le « chien des fourrés », *Speothos venaticus* (fig. 15), surprend par son aspect surbaissé. Il a une forte tête, un museau large, un corps robuste. Pattes, oreilles et queue sont exceptionnellement courtes. Le pelage est brun foncé à noirâtre. Le chien des fourrés fréquente au Brésil les rives des torrents et des rivières dans les forêts denses. Il se nourrit de Rongeurs et peut-être aussi de Crustacés d'eau douce. Bien que *Chrysocion* et *Speothos* apparaissent comme de vivantes antithèses, ils ont en commun de curieuses particularités anatomiques : cæcum non enroulé, jonction des troisième et quatrième doigts à leur base par une petite bande de peau froncée nue.

*
* *

Si l'histoire paléontologique des Carnivores, en particulier celle des Canidés, est assez bien connue dans son ensemble, la généalogie précise des formes actuelles est fort embrouillée. C'est que les Canidés sont à la fois très homogènes dans leur ensemble et très variables séparément. Chez ces animaux les divergences et les parallélismes adaptatifs nous masquent trop souvent les parentés ou l'éloignement évolutif. Il en résulte

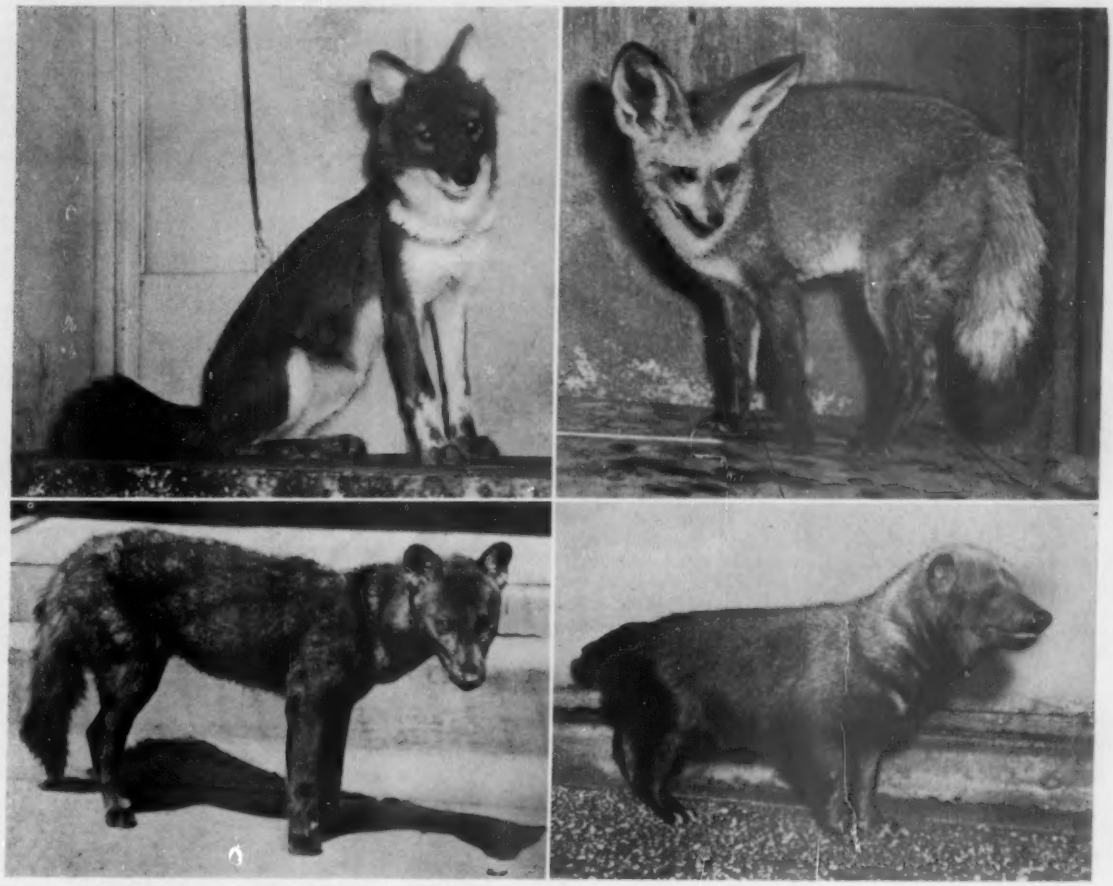


Fig. 12 à 15. — *De gauche à droite et de haut en bas :* ***Dhole de l'Himalaya*** **(Cuon alpinus)** ; ***Renard à grandes oreilles*** **(Otocyon megalotis)** ; ***Chien à petites oreilles*** **(Cerdocyon microtis)** ; ***Chien des fourrés*** **(Speothos venaticus)** *(Photos N. Y. Z. S.).*

que dans notre revue qui passait sous silence une quantité de formes qui constituent des intermédiaires entre certaines espèces et même certains genres, nous n'avons pas réussi à donner une idée convenable de la diversité, de l'aspect changeant de la population des Canidés du globe, ni de l'embarras des systématiciens.

Un des premiers pas à faire pour augmenter notre compréhension des parentés entre Canidés est de voir ce qui dans leur morphologie répond à une adaptation particulière. Les études passées ont porté presque exclusivement sur le crâne et la dentition. Récemment, Hildebrand a effectué une étude comparative du squelette du corps dans les différents genres. Sa première constatation est que « peu de Canidés peuvent se distinguer de tous les autres par quelque os si l'on n'utilise que des critères morphologiques (et non les dimensions) ». Le caractère primitif du groupe s'accuse en comparaison des Herbivores ongulés où « presque chaque os a été profondément modifié pour adapter ces animaux à la course; bien que certains Canidés soient capables de rejoindre les rapides Ongulés, aucun de leurs os n'est altéré de façon frappante en réponse à leurs habitudes cursoriales. Néanmoins, la plupart des différences squelettiques entre les Canidés peuvent être attribuées à une variation dans le degré de leur aptitude à la course. »

Le Renard gris d'Amérique et le Fennec sont les seuls Canidés qui grimpent aux arbres. Aucune différence morphologique ne semble y correspondre. Tous les Canidés nagent et creusent aisément sans présenter de structure spéciale. Seul le chien des fourrés semble avoir oublié ses ancêtres coureurs; ce petit animal trapu vit surtout dans l'eau et sur des sols très mous.

En faisant la part des caractères adaptatifs et en tenant compte de structures tout à fait particulières, comme celle de l'os pénien, on arrive à combler certaines lacunes de la paléontologie. La grande unité des « chiens » *(Canis)* est indubitable. Autour du Renard *(Vulpes)* on doit ranger le Renard arctique *(Alopex)* et les petits Canidés d'Afrique, Fennec et Otocyon. Malgré leur variété trois genres, *Dusicyon*, *Cerdocyon* (fig. 14) et *Lycalopex*, d'Amérique du Sud, méritent d'être réunis en un seul et s'apparentent au Renard gris d'Amérique du Nord *(Urocyon)*. La position des autres Canidés est tout à fait incertaine.

La variété des Canidés sud-américains tient sans doute à ce qu'ils ont su occuper un certain nombre de places laissées vacantes sur leur continent par les grands Carnivores qui s'éteignirent au Quaternaire. Ces Canidés et les chiens domestiques montrent que le potentiel évolutif du type « chien » est aussi fort de nos jours qu'il le fut tout au long du Tertiaire.

G. Fertois.

L'éclairage par fluorescence

2. Lampes ; couleur de la lumière

Dans un premier article (La Nature, *novembre 1955, p. 430*), *M. Yves Le Grand a exposé les bases théoriques et tracé un bref historique de l'éclairage par fluorescence. Dans le présent article, M. Henri Thésio, ingénieur I.E.G., nous parle des lampes, de leur régime et de leurs différents types, ainsi que de la couleur. Un prochain exposé sera consacré aux appareils de stabilisation ou ballasts et aux fluctuations de la lumière des lampes à fluorescence, fluctuations sur lesquelles le fonctionnement des ballasts exerce une influence importante.*

★

Les lampes à fluorescence forment, à quelques exceptions près, une catégorie particulière des lampes à décharge dans la vapeur de mercure dont les premières réalisations remontent au début de ce siècle.

Ces sources lumineuses se présentèrent d'abord sous la forme d'un tube de verre d'un mètre de longueur environ, dans lequel régnait une atmosphère saturante de vapeur de mercure sous faible pression (0,01 mm de Hg); la lumière émise était d'une teinte bleu-vert. Un timide essai de correction au moyen de réflecteurs fluorescents donnant un rayonnement rouge a peut-être marqué la première utilisation de la fluorescence en éclairage. Quelques années plus tard apparurent des tubes de petites dimensions fonctionnant à haute pression et sous une température élevée qui nécessita l'emploi du quartz; mais il fut possible de les loger dans des ballons protecteurs en verre rappelant, par leur forme, l'ampoule des lampes à incandescence.

Parallèlement à ces réalisations, de nombreux travaux auxquels s'attache le nom de Georges Claude, étaient orientés vers l'étude des poudres fluorescentes et leur excitation par les radiations ultraviolettes. Dès 1937, les premières lampes à fluorescence furent fabriquées industriellement; elles étaient du type tubulaire à basse pression, et la couche fluorescente était disposée sur la paroi interne du tube selon une technique toujours en vigueur.

On eut également l'idée d'utiliser les lampes haute pression, mais en raison de la température élevée régnant sur la surface du tube de quartz, on fut obligé de disposer la couche fluorescente sur la paroi interne du ballon protecteur. Les premiers résultats furent souvent jugés insuffisants, mais grâce à de récents perfectionnements, ces sources appelées lampes à ballon fluorescent, sont maintenant utilisées avec succès pour l'éclairage des voies publiques, des grands espaces et des halls de grande hauteur.

La fluorescence donne une efficacité lumineuse élevée, de l'ordre de 40 à 60 lumens par watt, soit environ le triple des valeurs obtenues par incandescence à puissance égale (compte non tenu de la consommation de l'appareil de stabilisation dont il sera question plus loin). Leur durée est de l'ordre de 3 500 à 4 500 h et souvent davantage.

Par contre, les lampes à fluorescence, comme toutes les lampes à décharge d'ailleurs, ne peuvent être raccordées à une source d'énergie sans le concours d'un accessoire appelé *appareil de stabilisation* (ou *ballast*), dont le rôle principal est d'assurer l'amorçage et le fonctionnement stable de la décharge. Dès lors, la valeur d'un éclairage fluorescent ne dépend plus seulement des qualités propres de la lampe mais aussi de celles du ballast. C'est pourquoi nous réserverons notre prochain article à l'étude de ces appareils.

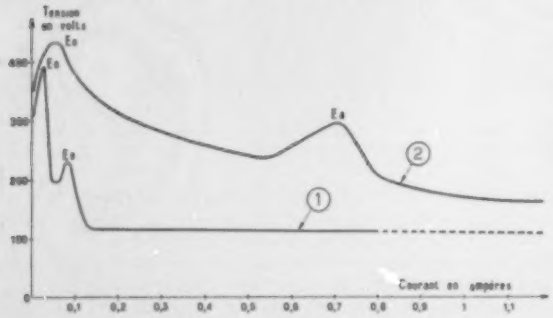


Fig. 1. — *Illustration des deux régimes de décharge, luminescent et arc.*

Courbe 1 : sur une lampe à cathode froide (longueur : 1,35 m). — La décharge s'amorce à travers le gaz de remplissage vers 425 V en régime luminescent. En diminuant progressivement l'impédance du ballast réglable on obtient les régimes d'utilisation pratique compris entre 0,1 et 0,25 A, les électrodes restant froides et le mercure étant vaporisé. En poursuivant l'expérience on provoque le passage en régime d'arc pour une tension $E_0 = 325$ V. Une tache incandescente apparaît sur les électrodes, la chute de tension cathodique s'abaisse et le courant peut prendre des valeurs relativement élevées. Ces régimes d'arc ne sont pas compatibles avec la nature des électrodes et ne sont pas utilisables en pratique.

Courbe 2 : sur une lampe à cathode chaude (longueur : 1 m). — La décharge s'amorce à froid vers 400 V à travers le gaz de remplissage en régime luminescent, d'ailleurs très peu lumineux, le mercure n'étant pas vaporisé. En opérant comme précédemment, on parcourt très rapidement la faible plage de ces régimes pour lesquels les électrodes restent froides. Le régime d'arc apparaît brusquement pour une tension de 220 V lorsque les électrodes sont suffisamment chaudes. Elles présentent alors un point incandescent. En poursuivant l'expérience, on pourrait faire croître le courant jusqu'à la destruction des électrodes.

Lampes

La lampe à fluorescence revêt des formes et présente des dimensions très diverses selon les caractéristiques électriques et physiques de la décharge. Mais elle comporte toujours un tube de verre ou de quartz, muni de deux électrodes métalliques, dans lequel sont introduits une goutte de mercure et un gaz neutre de remplissage sous faible pression. Ce gaz permet l'amorçage en dehors de toute vaporisation du mercure et s'oppose par sa pression à la désagrégation trop rapide des électrodes.

Les deux régimes de la décharge électrique. — La décharge électrique en atmosphère de mercure peut s'établir suivant deux régimes utilisables en pratique et qui conduisent à des réalisations différentes.

Régime luminescent et régime d'arc. — Au moyen d'un mode opératoire approprié, utilisant un ballast dont on puisse faire varier les caractéristiques dans de larges limites, il est possible de relever la courbe expérimentale de variation de la tension E_0 aux bornes d'un tube en fonction du courant de décharge I_A (tous deux exprimés en valeurs efficaces).

L'expérience et l'examen de la courbe révèlent l'existence de deux régimes présentant des différences fondamentales (fig. 1).

Le premier est caractérisé par une chute cathodique élevée, de l'ordre de 60 à 130 V suivant la nature des électrodes. La chute anodique est de l'ordre d'une quinzaine de volts. L'émission électronique est due à l'intensité du champ électrique au voisinage de la cathode. Ce régime, dit « à décharge lumi-

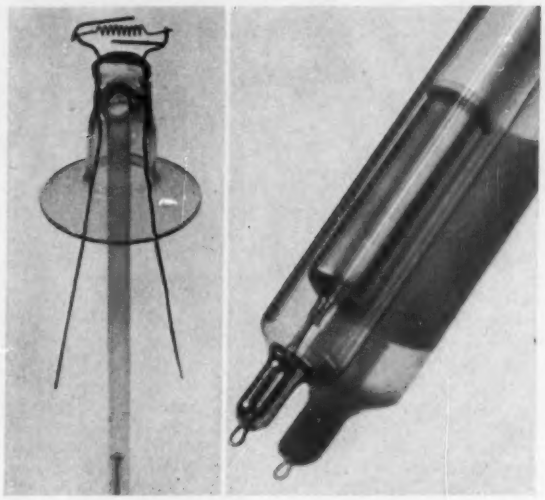


Fig. 2 *(à gauche).* — ***Électrode de lampe à cathode chaude.***
On distingue le filament bi-spiralé, les cornes servant d'anodes, et les arrivées de courant (*Document* PHILIPS).

Fig. 3 *(à droite).* — ***Électrode de lampe à cathode froide.***
On distingue la coquille en fer pur dont l'extrémité porte un embout en stéatite qui évite la désagrégation de la tranche (*Document* SEFLI).

nescente » (ou à cathode froide parce que les électrodes s'échauffent relativement peu), prend naissance dès que la tension appliquée aux bornes du tube atteint la tension d'amorçage à froid E_a.

Le second régime se manifeste par l'abaissement de la chute cathodique à quelques volts seulement, grâce à la présence d'un point chaud incandescent sur les électrodes. L'émission est due principalement à l'effet thermoélectronique : c'est le régime d'arc (ou à cathode chaude). Il peut prendre naissance par application de la tension d'amorçage à chaud $E_a < E_a$ après que les électrodes ont été portées à une température suffisante.

Ces différences de régime ont conduit à la conception de deux catégories de lampes dites respectivement à cathode froide et à cathode chaude. Les courbes de la figure 1 montrent qu'il est possible d'obtenir pour chacune d'elles le fonctionnement sur l'un ou l'autre régime, mais l'un d'eux seulement correspond aux conditions pratiques d'emploi et surtout à l'excitation convenable de la fluorescence.

En régime de décharge luminescente comme en régime d'arc, la tension E_b aux bornes du tube décroît lorsque le courant I_b croît; la décharge est donc instable. Le rôle du ballast est précisément de limiter ce courant à la valeur nominale; mais, pour toute valeur du courant, la décharge impose une valeur définie de la tension de fonctionnement, valeur qui lui est propre et qui dépend des caractéristiques du tube.

Différents types de lampes à fluorescence. — On a pris l'habitude de classer les lampes à fluorescence suivant la nature de la décharge et l'état thermique des électrodes.

Lampes basse pression. — Ce sont les lampes tubulaires bien connues du public. Elles sont construites et régimées de façon telle que la colonne de mercure rayonne principalement dans l'ultraviolet et en particulier sur les raies de résonance dont la longueur d'onde est de 1 850 Å et 2 537 Å. La pression optimum est de 0,005 mm de mercure, mais elle conduirait à une atmosphère trop raréfiée pour que les chocs entre les électrons issus de la cathode et les atomes de mercure soient suffisamment nombreux. C'est pourquoi on ajoute un gaz neutre (mélange de néon, d'argon, d'azote et quelquefois de krypton) sous une pression de quelques millimètres de Hg. Le courant de décharge est fonction du diamètre du tube et doit permettre d'obtenir une température suffisante pour maintenir la pression de la vapeur de mercure à la valeur voulue. On utilise des tubes de 8 à 54 mm de diamètre extérieur pour des courants de 0,025 A à 1,5 A. La tension de fonctionnement dépend du diamètre du tube, de la pression, du courant de décharge et de la chute de tension aux électrodes.

Lampes à cathode chaude. — Les électrodes sont constituées par un filament métallique qui présente certains points communs avec celui des lampes à incandescence (fig. 2), mais auquel adhèrent des oxydes alcalino-terreux dont le pouvoir émissif est élevé. En régime normal, le point chaud des électrodes est porté à une température comprise entre 900° C et 1 200° C. La chute cathodique étant faible, les lampes fonctionnent en basse tension mais l'amorçage nécessite parfois l'application d'une tension supérieure à 250 V par rapport à la terre (c'est-à-dire de 2° catégorie). Les lampes à cathode chaude ont donné lieu à différentes réalisations selon le mode d'amorçage.

Amorçage instantané à froid. — C'est le procédé le plus simple : il consiste à appliquer aux bornes de la lampe une tension au moins égale à E_a, soit environ quatre fois la tension de fonctionnement E_b. La décharge s'établit en quelques dixièmes de seconde; c'est dire que l'amorçage est instantané au sens pratique du terme. Ce procédé est appliqué avec intérêt aux lampes longues parfois appelées « Slimline ». Les modèles les plus courants en France sont de 1,80 m à 2,40 m de longueur et de 25 mm ou 38 mm de diamètre. La puissance est comprise entre 35 W et 75 W.

Les installations correspondantes sont soumises à des règles particulières données par l'additif n° 1 à la norme NF C 71.

Amorçage à chaud ; préchauffage des électrodes. — Lorsque, par un procédé quelconque, on porte les électrodes à la température d'émission, avant ou en même temps que l'on applique la tension d'amorçage, il n'est plus nécessaire de produire E_a

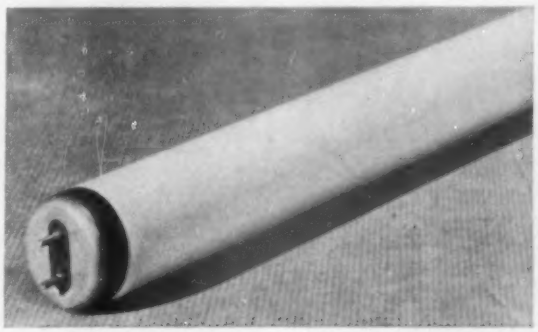


Fig. 4. — Lampe à cathode chaude, type tubulaire à basse pression, amorçage par préchauffage des électrodes.
(*Photo* Serge BOIRON ; *document* MAZDA).

mais seulement E_a qui est de l'ordre de 0,5 E_a. Par suite, l'amorçage et le fonctionnement ont lieu en basse tension, d'autant plus qu'il s'agit de lampes dont la longueur n'excède pas 1,50 m.

Une solution très employée consiste à soumettre les électrodes pendant un temps limité à un courant de préchauffage, avant d'appliquer la tension E_a. Ceci s'obtient par le jeu d'un inter-

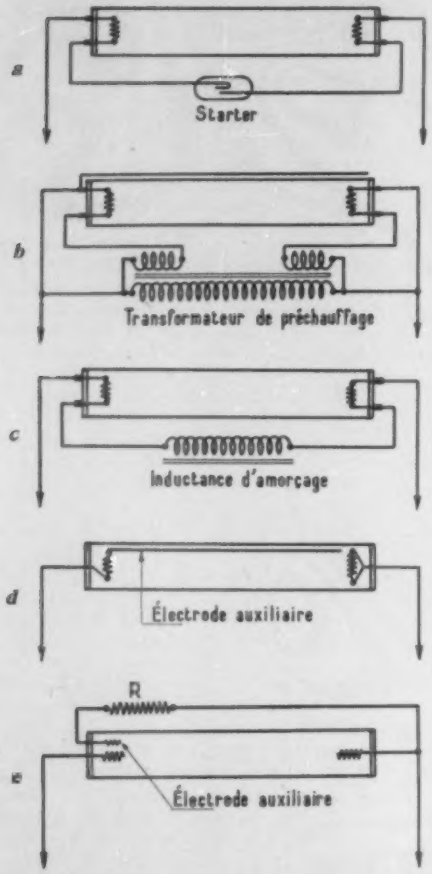


Fig. 5. — *Schémas de principe de quelques types de lampes tubulaires à cathode chaude et des procédés d'amorçage.*

Lampes à préchauffage des électrodes : ***a***, amorçage différé par starter ; ***b***, amorçage instantané par transformateur de préchauffage et trait conducteur externe isolé ; ***c***, amorçage instantané par inductance de préchauffage. *Lampes à électrodes auxiliaires, amorçage instantané :* ***d***, électrode auxiliaire résistante ; ***e***, électrode auxiliaire et résistance additionnelle externe R.

rupteur automatique appelé *starter* qui établit puis coupe le circuit de chauffage sur les électrodes (fig. 5, *a*) : c'est l'*amorçage différé* dont la durée est de 2 à 5 s. La série des lampes construites pour fonctionner avec ce dispositif est de beaucoup la plus importante (fig. 4) ; les caractéristiques des modèles les plus courants s'échelonnent entre 0,36 m et 1,5 m pour la longueur, 16 W et 100 W pour la puissance, 600 et 5 000 lumens pour le flux lumineux (ces valeurs se rapportent à une température de couleur de 4 200 à 4 500° K). Les lampes de cette classe sont généralement rectilignes, mais il existe quelques modèles circulaires de fabrication étrangère.

On peut obtenir aussi avec ces mêmes lampes un *amorçage rapide* (dit instantané) à l'aide d'un transformateur spécial (fig. 5, *b*) qui, agissant comme une source séparée, soumet les électrodes à une tension de quelques volts pour permettre l'établissement d'un courant de préchauffage. La tension d'amorçage à chaud étant appliquée en même temps entre les extrémités de la lampe, la décharge s'établit dès que les électrodes ont atteint la température voulue. L'amorçage de la lampe provoque une réduction notable de la tension appliquée aux électrodes, mais non sa suppression. Un courant de chauffage, inférieur au courant de préchauffage, est donc maintenu pendant le fonctionnement.

Avec certains types de ballasts on peut obtenir un résultat analogue au moyen d'une inductance de caractéristiques appropriées, montée en shunt sur la lampe (fig. 5, *c*).

D'autres lampes de construction différente comportent une ou deux électrodes auxiliaires qui produisent avec les électrodes principales l'amorçage d'un arc localisé sur un espace de quelques millimètres. Le courant est limité par des résistances disposées en série avec les électrodes auxiliaires. Les électrodes principales s'échauffent rapidement et la décharge se propage d'une extrémité à l'autre de la lampe en moins d'une seconde (fig. 5, *d* et 5, *e*).

Sur d'autres modèles encore, l'amorçage est facilité par la présence d'un trait conducteur extérieur isolé et relié à une des électrodes par une résistance élevée (fig. 5, *b*). On emploie aussi un trait non isolé relié à la terre ou aux masses métalliques voisines de la lampe (réflecteur, réglette-support, etc.).

Lampes à cathode froide. — Dans ces lampes, la température des électrodes n'excède pas 200° C. Les chutes de tension cathodique et anodique totalisent, en valeur efficace, 120 à 150 V ; aussi, la tension de régime E_b est-elle toujours supérieure à 250 V. L'alimentation s'effectue donc sous une tension de 2e catégorie, ce qui implique l'observation de règles particulières d'installation qui sont données par la norme française NF C-71 éditée par l'Union technique de l'Électricité.

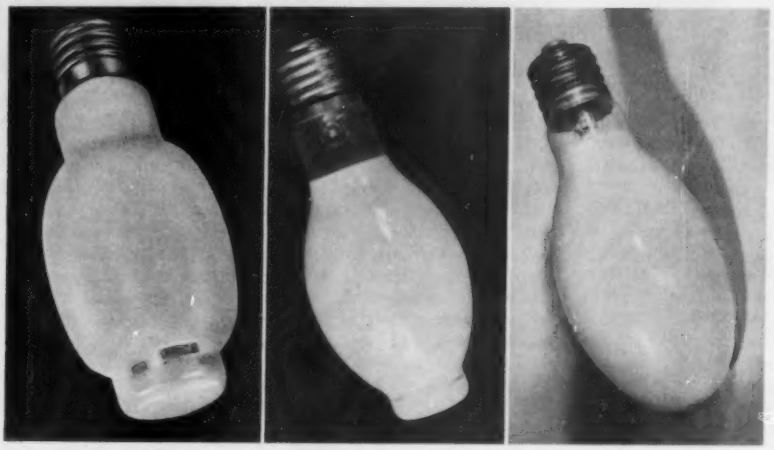
Les électrodes sont constituées par une coquille en fer pur nickelé ou aluminé (fig. 3) dont la paroi interne est recouverte d'une mince couche d'oxydes alcalino-terreux dite couche d'activation. Le rôle de cette couche est d'abaisser la chute de tension cathodique. Les courants habituellement utilisés sont compris entre 0,05 A et 0,025 A.

L'amorçage est instantané, il s'effectue toujours, en quelques dixièmes de seconde, par application brusque d'une tension au moins égale à E_a.

Les lampes à cathode froide destinées à l'éclairage se présentent sous forme de tubes rectilignes ou circulaires de 14 à 25 mm de diamètre et de 2 à 3 m de longueur. Elles revêtent également la forme de tubes courbés et façonnés à la demande pour réaliser des effets décoratifs ou constituer des enseignes lumineuses qui utilisent non seulement la « lumière blanche » mais aussi une palette de coloris très variés. On emploie également pour cet usage des tubes de petit diamètre (8 à 12 mm) parcourus par un courant de 0,025 A seulement. Certains tubes donnent des couleurs pourpres, ils ne comportent pas de mercure mais seulement du néon dont l'ultra-violet, peu intense, suffit cependant à exciter la couche fluorescente.

L'alimentation des lampes à cathode froide s'effectue souvent par mise en série de plusieurs unités au moyen d'appareils de stabilisation spécialement conçus pour mettre en œuvre une tension de plusieurs milliers de volts au moment de l'amorçage. Toutefois, on utilise des montages à deux ponts avec lesquels la tension de fonctionnement par rapport à la terre est diminuée de moitié. De plus, certains types de ballasts produisent une surtension à la fermeture du circuit primaire et peuvent amorcer les lampes avec une tension à circuit ouvert notablement réduite, ce qui est avantageux. Il est difficile de donner des valeurs précises du flux lumineux émis par les lampes à cathode froide. Cependant les bonnes fabrications destinées à l'éclairage permettent d'obtenir de 1 200 à 1 500 lumens par mètre utile de tube. La puissance varie également dans de larges limites : 30 à 50 watts par mètre utile. La durée est de l'ordre de 7 000 à 10 000 h.

Lampes haute pression, ou lampes-ballon. — Elles sont constituées par un tube de quartz de quelques centimètres de



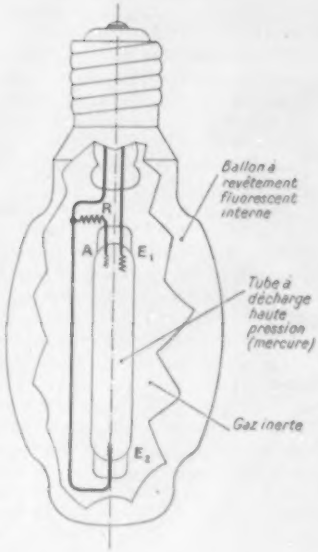


Fig. 6 à 9. — *Trois réalisations de la lampe-ballon de 250 W et schéma.*

De gauche à droite : Claude, Paz et Silva ; Mazda (photo Baudin*) ; Philips ;* Schéma type d'une lampe-ballon : E_1 et E_2, électrodes principales ; A, électrode auxiliaire ; R, résistance limitant le courant au moment de l'amorçage.

longueur muni de deux électrodes chaudes et d'une électrode auxiliaire disposée en série avec une résistance (fig. 6 à 9). L'amorçage est instantané mais la mise en régime demande quelques minutes, pendant lesquelles la pression croît progressivement. Le tube est monté dans une ampoule de verre, ou ballon de forme spécialement étudiée pour obtenir une surface isotherme dont la température soit de l'ordre de 150 à 300° C.

L'espace libre à l'intérieur du ballon est occupé par un gaz neutre bon conducteur de la chaleur afin d'assurer le refroidissement convenable du tube. La couche fluorescente est déposée sur la paroi interne du ballon et agit comme moyen de correction de la couleur, car elle fournit seulement 15 à 18 pour 100 du flux lumineux total, dans le rouge principalement. En effet, sous une pression de l'ordre de 10 atmosphères et à la température de 1 000° C, le rayonnement du mercure est particulièrement concentré sur les raies vertes 5 460 Å et 5 780 Å qui sont accompagnées des raies 3 130 Å et 3 650 Å dans l'ultraviolet. La mise au point des compositions fluorescentes susceptibles de répondre à ces conditions d'excitation et d'émission, pour des températures de l'ordre de 150° C à 300° C, a demandé de longues recherches, mais de nouveaux progrès s'inscriront dans les années à venir. Les lampes-ballon utilisées en France sont de 80 W, 125 W, 250 W et 400 W; elles produisent un flux lumineux compris entre 3 000 et 18 000 lumens.

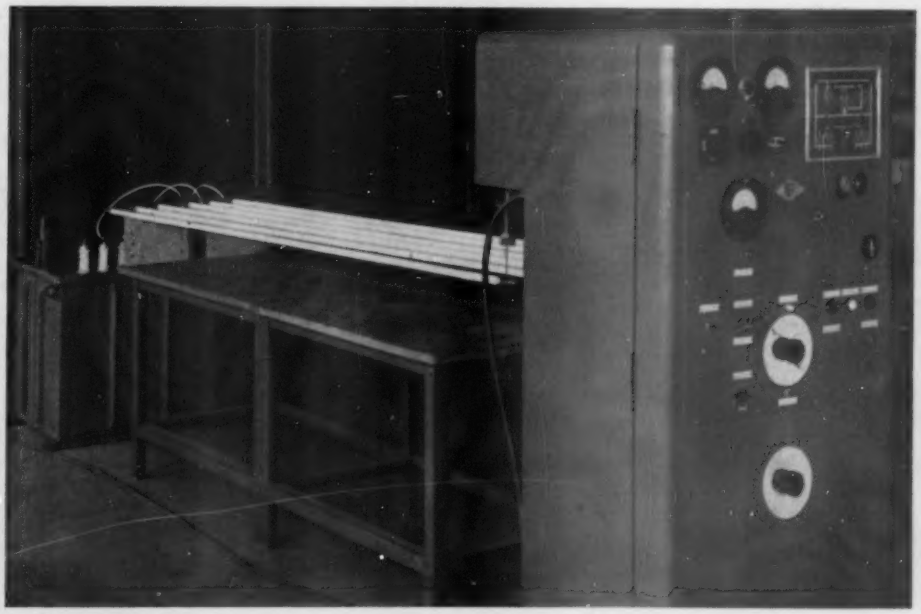


Fig. 10. — *Poste de pompage pour lampes à cathode froide.*

Cet appareil semi-automatique à commande électronique permet d'effectuer les opérations de pompage (vide et dégazage) par séries de six lampes. On distingue au premier plan le pupitre de commande des circuits de vide et des circuits électriques ; au fond, le transformateur élévateur de tension destiné à soumettre les tubes à un régime élevé pour porter les électrodes à l'incandescence, de façon à obtenir l'activation des électrodes et le dégagement des gaz occlus.

(*Document* Sevli).

Couleur de la lumière

Propriétés des poudres fluorescentes. — Bien que le nombre des corps fluorescents susceptibles de conserver leurs propriétés en atmosphère de mercure soit limité, la technique des luminogènes a marqué de grands progrès depuis dix ans, principalement par l'étude des impuretés dont certaines améliorent l'efficacité, tandis que d'autres peuvent la réduire considérablement.

Les formules actuellement appliquées pour la composition des poudres permettent d'obtenir des lumières colorées et diverses teintes de « lumière blanche » avec les lampes basse pression. Le problème est différent pour les lampes haute pression en raison de la prépondérance des radiations bleu-vert du mercure; mais si l'on n'est pas encore maître de la couleur, il faut néanmoins s'attendre à de nouveaux perfectionnements.

Les corps qui entrent dans la composition des poudres se caractérisent par un spectre d'absorption (ou d'excitation) généralement dans l'ultraviolet et un spectre d'émission limité à une bande de radiations visibles, à l'intérieur de laquelle la luminance, d'abord faible, croît avec la longueur d'onde, passe par un ou plusieurs maxima et décroît rapidement ensuite. Le tableau I donne les caractéristiques spectrales des principaux corps employés; les sels de béryllium dont on a pu craindre la nocivité sur les coupures provoquées par les bris de lampes ne sont plus utilisés par les fabricants français.

TABLEAU I

CARACTÉRISTIQUES SPECTRALES DES PRINCIPALES POUDRES FLUORESCENTES

Désignation du corps	Spectre d'excitation	Spectre d'émission		Couleur
		bande	maximum	
Tungstate de calcium . .	2 200-3 000	3 800-7 000	4 400	bleu
» de magnésium.	2 200-3 200	3 200-7 200	4 800	bleu
Silicate de zinc. . . .	2 200-2 960	4 500-6 200	5 250	vert
» de cadmium . .	2 200-3 200	4 500- 7200	5 950	jaune
Borate de cadmium. . .	2 200-3 600	4 000-7 200	6 150	rose
Fluogermanate de magnésium	2 200-5 500	6 000-7 500	6 300	rouge
Silicates de baryum, strontium et lithium . . .	2 200-4 200	4 000- 7500	6 600	rouge

La luminance des poudres est fonction de la température. Les cinq premiers corps présentent une efficacité maximum pour 40° C environ; aussi sont-ils utilisés sur les lampes tubulaires basse pression. Pour les deux derniers, le maximum a lieu pour des températures nettement plus élevées : 160° à 200° C pour les silicates et 300° à 400° C pour les fluogermanates. Aussi sont-ils tout indiqués pour les lampes-ballon dont les dimensions doivent être fixées en fonction de l'utilisation de l'un ou l'autre de ces corps, suivant la température à obtenir sur la couche fluorescente.

Spécification des couleurs. — Les différentes utilisations des sources lumineuses et des corps colorés (ou sources secondaires), que nous percevons par la lumière qu'ils émettent, réfléchissent ou transmettent, rendent nécessaire l'établissement d'une spécification des couleurs suffisamment pratique et d'une application assez générale pour pouvoir s'affranchir des imperfections de l'œil.

En effet, la méthode de comparaison sous une lumière blanche conventionnelle, à l'aide d'un atlas des couleurs, comme celui de Munsell, ne permet pas cette indépendance; et de plus les échantillons spécifiés peuvent subir des différences au cours des éditions successives d'un tel document.

Un autre moyen consiste à désigner les couleurs par la longueur d'onde dominante et un facteur de pureté. Mais l'application en serait difficile aux teintes voisines du blanc, donc très éloignées des couleurs pures, comme c'est précisément le cas de la lumière émise par les lampes à fluorescence « blanches ».

La méthode des coordonnées (ou coefficients) trichromatiques donne une solution suffisante à ce problème. Héritière des travaux de Maxwell, elle suppose également que toute couleur peut être obtenue par l'addition de trois composantes R, V, B, respectivement rouge, verte et bleue, et comporte un système plan de représentation constitué par un triangle dont chacun des sommets figure une des trois composantes. Par raison de symétrie, Maxwell utilisait un triangle équilatéral. Selon cette première convention toute couleur est exprimable par trois nombres r, v et b donnant les proportions respectives de rouge, de vert et de bleu qui entrent dans sa composition.

De nombreux physiciens se sont penchés depuis sur cette question et ont cherché à introduire la sensibilité chromatique de l'œil pour permettre de relier les grandeurs énergétiques spectrales aux grandeurs photométriques, en particulier au flux lumineux. Le système adopté par la Commission internationale de l'Éclairage (C.I.E.) utilise un triangle rectangle isocèle. Il fait intervenir la courbe spectrale de répartition de l'énergie (r de λ) de la source étudiée (voir l'article précédent de M. Yves Le Grand) et trois courbes conventionnelles de sensibilité chromatique de l'œil en fonction de la longueur d'onde : X_λ pour le rouge, Y_λ pour le vert et Z_λ pour le bleu. On suppose en effet que l'œil possède trois groupes récepteurs sélectifs dont le maximum de sensibilité se situe respectivement dans le rouge, le vert et le bleu.

L'énergie émise par la source dans une bande comprise entre deux longueurs d'onde λ_1 et λ_2 est proportionnelle à l'aire limitée par la courbe r de λ et l'axe des abscisses entre λ_1 et λ_2. Si l'on multiplie les ordonnées de cette courbe par celles des fonctions X_λ, Y_λ, et Z_λ on obtient, par une intégration analogue, trois quantités X, Y et Z proportionnelles aux excitations trichromatiques reçues par l'œil (Par convention également, la courbe de sensibilité du récepteur vert est confondue avec la courbe de sensibilité relative de l'œil qui avait été précédemment définie pour la détermination du flux lumineux, si bien que dans le système X, Y, Z la grandeur Y représente le flux lumineux).

La représentation de la C.I.E. utilise trois coordonnées définies par les relations suivantes :

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}; \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}; \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}.$$

Comme $x + y + z = 1$, il suffit de deux coordonnées seulement x et y en représentation plane cartésienne pour spécifier une couleur, ou plus exactement la sensation produite par une couleur en vision directe, parfois appelée *apparence*.

Il est intéressant de reporter sur le triangle de la C.I.E. (dont les côtés de l'angle droit forment les axes de coordonnées) les couleurs spectrales pures qui se trouvent sur une courbe en fer à cheval, les pourpres qui se situent sur une droite joignant le rouge et le violet, et enfin la courbe représentative du corps noir, la température étant prise comme paramètre (fig. 11). Le corps noir offre ainsi un terme de correspondance entre les coordonnées trichromatiques et la *température de couleur équivalente* lorsque le point figuratif d'une couleur tombe sur cette courbe; ou aussi par extension, en acceptant une concession sur la signification physique du terme « température de couleur » lorsque le point se situe à son voisinage. La connaissance des coordonnées trichromatiques ou de la température de couleur d'une source lumineuse (qui caractérisent l'apparence)

ne donne pas d'indication sur la répartition spectrale de l'énergie rayonnée dont dépend le *rendu des couleurs*, car différentes répartitions spectrales peuvent donner les mêmes coordonnées x et y.

La couleur de la lumière émise par les lampes à fluorescence doit donc être spécifiée au moyen de l'*apparence* et du *rendu*.

L'apparence est l'aspect coloré présenté à vue directe par la lampe elle-même. L'œil ne peut l'apprécier que par contraste en comparant plusieurs lampes placées côte à côte. Bien que définie par les coordonnées trichromatiques, elle s'exprime souvent en pratique par la température de couleur en degrés Kelvin.

Les lampes actuellement vendues dans le commerce peuvent se classer en quatre groupes :

— Lumière du jour (ciel couvert).	6 500° K à 7 500° K.
— Blanc froid	4 200° K à 4 500° K.
— Blanc moyen	3 500° K
— Blanc chaud	2 800° K à 3 200° K.

Ainsi, l'apparence est d'autant plus froide que la température de couleur est plus haute.

Le rendu caractérise la façon dont la lumière émise restitue aux couleurs leurs valeurs relatives. Il est fonction de la répartition spectrale de l'énergie rayonnée. Aussi, pour un point figuratif donné du triangle des couleurs, peut-on, en modifiant la composition des poudres, obtenir différents rendus.

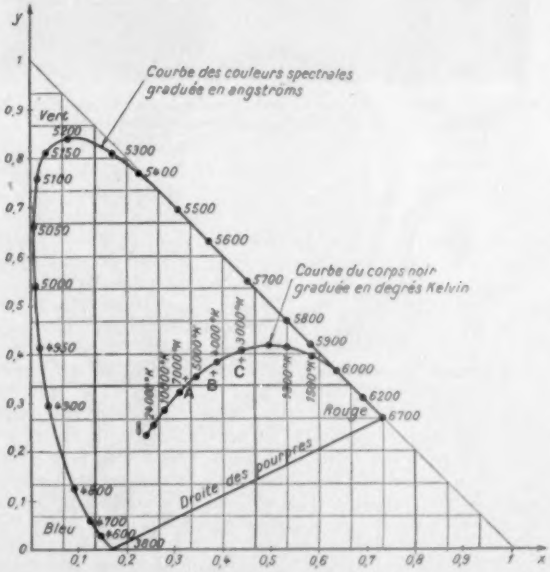


Fig. 11. — ***Diagramme des couleurs selon le système de représentation recommandé par la Commission Internationale de l'Éclairage.***

On remarque la courbe des couleurs spectrales pures, la droite des pourpres et la courbe du corps noir. Les points A, B, C figurent les trois groupes dont la normalisation est envisagée : A, 6 500° K à 7 000° K ; B, 4 000° K à 4 500° K ; C, 2 800° K à 3 200° K.

Cette circonstance physique permet de fabriquer, pour une même apparence, des lampes à haute efficacité ou à haut rendu. Les premières présentent un flux lumineux élevé avec un rendu acceptable; les secondes un flux lumineux quelque peu inférieur, mais offrant un rendu plus exact des couleurs.

Les constructeurs ont adopté des désignations commerciales très diverses, suivant la température de couleur et le rendu, mais il devient indispensable qu'une normalisation intervienne

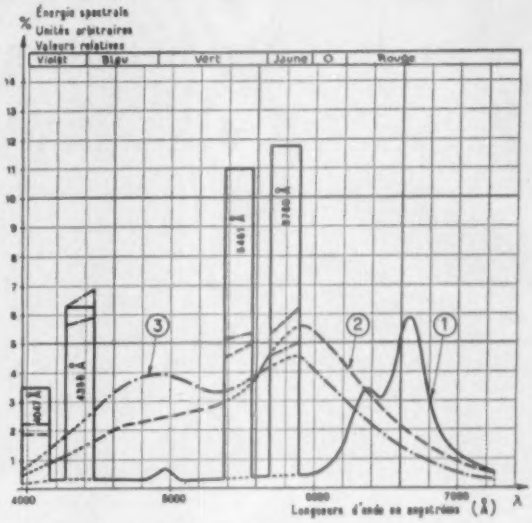


Fig. 12. — ***Courbes de répartition spectrale $v = f(\lambda)$ de deux lampes tubulaires et d'une lampe-ballon.***

La somme de l'énergie entre 3 950 et 7 250 angströms est égale à 100 unités d'aire. L'unité, choisie arbitrairement, est définie par le produit de 100 angströms par une unité de l'échelle des ordonnées. De cette façon, l'échelle des ordonnées donne, pour un intervalle de longueur d'onde $\Delta\lambda$ égal à 100 angströms, l'énergie relative en centièmes de l'énergie totale. Les trapèzes et les rectangles représentent les radiations du mercure dont on a exagéré $\Delta\lambda$ pour diminuer les ordonnées, tout en conservant les aires. *Courbe 1* : lampe-ballon ; *courbe 2* : lampe tubulaire blanc, 4 200° K ; *courbe 3* : lampe tubulaire lumière du jour, 6 500° K.

rapidement pour les couleurs les plus courantes afin d'éviter les confusions qui résultent d'une telle disparité.

D'après les travaux en cours, les fabrications normalisées porteraient sur les trois groupes suivants (fig. 11) :

Groupe A. — Lampes utilisables à la place de la lumière du jour et donnant un éclairage qui se fonde bien avec cette lumière; température de couleur : 6 500° K à 7 000° K;

Groupe B. — Lampes utilisables dans de bonnes conditions avec l'éclairage naturel ou les lampes à incandescence; température de couleur : 4 000° K à 4 500° K;

Groupe C. — Lampes destinées à remplacer complètement les lampes à incandescence ou à être utilisées simultanément avec celles-ci; température de couleur : 2 800° K à 3 200° K.

Les fabricants devront s'efforcer d'observer les points normalisés A, B, C sous certaines tolérances dont la définition est à l'étude. On remarquera que ces points sont très voisins de la courbe du corps noir, ce qui permet de parler de température de couleur sans trop s'écarter du sens physique habituel de ce terme.

Bien entendu, il sera possible, pour chaque groupe, de fabriquer des lampes à haute efficacité ou à haut rendu. On améliore le rendu en renforçant l'émission lumineuse dans le rouge et le bleu au détriment du jaune et du vert.

Les rendus seront définis par une courbe spectrale type avec des tolérances en plus et en moins; la recherche de ces spécifications d'ordre colorimétrique a demandé de longues études et nécessitera encore quelques discussions sur le plan international avant leur adoption définitive.

(A suivre).

Henri Thésio,
Ingénieur I.E.G., membre de l'Association française des Éclairagistes.

La science du sol et le Congrès international de Léopoldville

La sauvegarde du sol n'est qu'un aspect, mais le plus important, du problème général de la protection de la nature qui inquiète maintenant jusqu'à l'angoisse les esprits réfléchis, sans avoir encore, malheureusement, retenu suffisamment l'attention des « autorités » dont dépend l'avenir de la planète et du monde vivant, y compris l'homme. Récemment ont paru les comptes rendus du Ve Congrès international de la Science du Sol, qui s'est tenu du 15 août au 5 septembre 1954 à Léopoldville (1). *Président de la Section de Biologie de cette importante réunion, le professeur A. R. Prévot, chef de service à l'Institut Pasteur, en explique ici la portée et signale les initiatives à la fois pratiques, prévoyantes et généreuses de nos amis belges dans leur domaine du Congo, qu'ils ont si bien su mettre en valeur tout en y respectant et protégeant les richesses naturelles, donnant ainsi un exemple qui devrait être partout médité et suivi.*

★

La population du globe augmente sans cesse et les terres arables qui la nourrissent se rétrécissent progressivement, d'où résulte un état de famine permanent dans de nombreux pays, état qui devient d'année en année plus inquiétant.

Cette notion de pays sous-alimentés est maintenant bien connue, bien étudiée et de nombreux organismes s'occupent d'y remédier. La Société internationale de la Science du Sol est au premier rang de ceux-ci. Divisée en 6 sections (Physique du sol; Chimie du sol; Biologie du sol; Fertilité du sol et nutrition des plantes; Genèse du sol, Classification, Cartographie; Technologie du sol), elle s'occupe de dénombrer toutes les causes de l'usure des terres arables, d'en étudier les mécanismes, d'en mesurer les conséquences et d'en trouver les remèdes. Son œuvre est déjà considérable et plusieurs méthodes ont déjà été mises en pratique avec succès dans de nombreux pays : lutte contre l'érosion, contre le déboisement, contre le lessivage des terres, contre les cultures intempestives, contre la latérisation, contre la sécheresse; élaboration de techniques de barrages pour l'irrigation; régénération des sols, techniques nouvelles de culture (cultures protégées, cultures en couloirs); méthodes d'analyse des sols; détermination de la vocation des sols; mise en pratique des données fournies par la microbiologie du sol; essais expérimentaux des remèdes et leur application en grand, etc

La Société internationale de la Science du Sol, qui groupe 1 250 membres (dont 74 français) appartenant à 45 nations, avait organisé à Léopoldville (Congo Belge) le 5e Congrès international de la Science du Sol. Le programme, réalisé du 15 août au 5 septembre 1954, en était particulièrement chargé et attrayant. Il s'est déroulé en deux parties : le Congrès lui-même qui s'est tenu à Léopoldville; les excursions pédologiques qui suivirent les travaux scientifiques : l'une dans le Mayombé (Matadi), la seconde dans la cuvette du Yangambi, la troisième dans le Haut-Katanga (Elisabethville).

L'ensemble de ces manifestations avait été remarquablement organisé par nos amis Belges qui firent de ces journées mémorables un Congrès dont le moins qu'on puisse dire est qu'il fut passionnant.

Le séjour à Léopoldville fut un enchantement. Dans cette immense ville ultra-moderne, aux larges avenues plantées et fleuries qui avaient été décorées en l'honneur du Congrès aux couleurs des 45 nations participantes, tout avait été mis en œuvre pour que le dur travail des commissions, dans un climat équatorial qui porte peu à l'effort, soit plus léger et devienne même un plaisir. Les séances se sont tenues à l'Athénée Royal, immense groupe scolaire composé de somptueux bâtiments dispersés dans des jardins remplis de fleurs : bougainvilliers, flamboyants, hibiscus, etc. Un circuit d'autocars rapides y amenait les congressistes des hôtels où ils étaient logés. Dans les salles fraîches, des boissons abondantes; une admirable exposition permanente de toutes les activités du Congo Belge où l'on allait se reposer entre les séances; en fin d'après-midi, visite des usines modernes : brasseries, tissages, imprimeries; promenades au zoo; présentation de films sur le Congo, dont l'un en particulier a laissé un souvenir inoubliable dans toutes les mémoires : les volcans congolais en activité. Après le dîner, spectacles divers dont une présentation de danses congolaises par les meilleurs professionnels venus des diverses tribus.

Fig. 1. — *Dans la Réserve d'aménagement de la Mvuasi-Kokosi : Étude d'un profil pédologique sur la rivière Kokosi.*
(*Photo* A. R. Prévot).

Les travaux du Congrès ont revêtu deux formes : des conférences générales; des rapports et communications répartis dans les six commissions, suivis de discussion. Voici les sujets qui ont été traités dans le premier groupe : la conservation des sols (C. E. Kellog, États-Unis); les sols latéritiques (G. Aubert, France); l'importance de la pédologie (1) pour la production agricole (C. H. Edelman, Pays-Bas); la structure du sol

1. *Actes et comptes rendus du Ve Congrès international de la Science du Sol.* 4 vol. 16×24, 1 824 p. au total. Secrétariat général du Congrès, 12, rue aux Laines, Bruxelles, 1955.

1. La signification du terme *pédologie* ayant souvent été mal comprise, nous en reproduisons ici la définition exacte. La pédologie est la science de la genèse du sol ; elle englobe la connaissance théorique de la formation du sol et doit expliquer comment s'est développé le profil d'un sol. La science du sol, science jeune, a un vocabulaire où les néologismes foisonnent et un dictionnaire de ses termes, rédigé en huit langues par V. Ignatieff, sous l'égide de la F. A. O., a été présenté au Congrès sous le titre de *Vocabulaire multilingue de la Science du Sol.*

Fig. 2 et 3. — *Dans la Réserve forestière du Mayumbe.* *A gauche :* ***Expérience sylvo-bananière de l'I. N. E. A. C.*** *— A droite : « **Profil du Ve Congrès de la Science du Sol** »* (Photos A. R. Prévot).

(R. Bradfield et R. D. Miller, États-Unis); essais des fertilisants en Afrique (H. Greene, Angleterre); aspects des relations sol-eau-plante (J. V. Botelho da Costa, Portugal); les sols salins et alcalins d'Asie, en particulier de l'Inde (J. P. Raychaudhuri et N. R. Datta Biswas, Inde); nouvelles données sur la formation de l'humus (F. Scheffer, Allemagne).

L'importance de la participation des savants de langue française a été soulignée par le fait que sur les 27 communications concernant la physique du sol, 13 étaient faites en langue française, de même que 19 sur les 34 concernant la chimie du sol, 17 sur 26 dans la section de biologie du sol, 13 sur 31 dans la section de fertilité du sol, 4 sur 24 dans la section de technologie du sol, 37 sur 73 dans la section de genèse du sol.

Mais c'est surtout le travail sur le terrain qui a fait l'énorme intérêt du Congrès. Déjà à Léopoldville, une première excursion géologique eut lieu le 19 août 1954 sur les rives du Congo. Cet immense port fluvial, hérissé d'une forêt de grues rappelant celle de Rouen, se trouve au début du rétrécissement de la vaste expansion, le Stanley-Pool, que les Belges ont l'habitude d'appeler le « Pool » tout court (comme ils disent « Léo » pour Léopoldville, « Stan » pour Stanleyville, « Eli » pour Elisabethville). Ce lac immense est une retenue d'eau jadis fermée, aujourd'hui ouverte vers la mer par la percée d'un déversoir où le fleuve se précipite en remous violents et colorés : les rapides de Kinsuka. Les îles du Pool, l'île Bamu entre autres, ont émergé après cette percée qui a fait baisser les eaux. La succession des formations géologiques montre : le grès rouge de l'Inkisi (schisto-gréseux), les grès tendres d'âge Karroo, concrétionnés à ciments calcédoniaux, la couverture de sables, graviers et limons avec latérite. La promenade pittoresque sur la falaise abrupte de Kalissa qui commence par un escalier taillé dans la roche à partir des splendides jardins de la résidence du gouverneur général permet de voir cette succession. C'est là que nous fîmes connaissance avec la fameuse *stone-line* que nous suivîmes dans la deuxième excursion jusqu'à Matadi. L'excursion traversa la cité indigène jusqu'à la tranchée Cabre, creusée en vue du drainage de la plaine de Lemba et remplie aujourd'hui d'un sable argileux blanc en voie de latérisation; puis elle traversa Léo II pour atteindre le Mont Léopold d'où l'on a une vue magnifique sur la capitale et la baie de Galiema. Au loin, sur l'autre rive, on distingue nettement Brazzaville dominé par le plateau Bateke. A l'est, le cirque est fermé par les plateaux de Binza et Kimuenza. Une borne historique marque le point où Stanley vit pour la première fois le « pool » que les rapides Kinsuka barraient et qui l'empêchèrent de gagner la mer par voie d'eau. La descente de la route de la Grande Corniche nous permit au soleil couchant d'admirer les teintes ocres et rouges que prennent les eaux des rapides à cette heure colorée.

La deuxième excursion, qui dura trois jours, eut pour objet l'étude du Bas-Congo. Nous partîmes avec l'O.T.R.A.C.O., le pittoresque chemin de fer de Léo à Matadi, qui descend la rive gauche du Congo et que les organisateurs avaient équipé d'excellents haut-parleurs, ce qui permit à différents conférenciers, botanistes, géologues, pédologues, agronomes, de transformer ce long voyage en une véritable excursion scientifique. Le port fut traversé en bateau. Les nuits se passèrent à bord du paquebot *Léopold II* de la ligne Matadi-Anvers, ancré dans le port, et les lieux de travail furent parcourus en automobile.

La première visite fut celle de la Réserve d'aménagement de la Mvuazi-Kokosi, située dans les contreforts orientaux des Monts de Cristal (schisto-calcaires). Nous empruntâmes la vallée de la Kokosi (fig. 1) qui descend de l'est vers l'ouest, des crêtes de partage des eaux de l'Inkisi-Kwilamadiata. Le sol, très fertile, est formé par des matériaux provenant de l'altération des calcaires à cherts, des schistes ou des dépôts sableux couvrant les hautes crêtes et les sommets. Ces matériaux ont été apportés par alluviation ou par colluviation, par transport éolien ou par solifluxion. Les plaines alluviales, qui sont des fonds de vallées comblées, sont entourées des argiles des régions calcaires et schisteuses. Les crêtes et les plateaux de plus de 750 m d'altitude sont couverts par des sols sablonneux. L'ensemble des séries représente une *catena*. La végétation de la réserve est composée de massifs forestiers dispersés et enclavés dans des savanes herbeuses ou arbustives, composées de plusieurs types d'associations végétales. Entre savane et forêt s'insèrent des groupements arbustifs de jachère et de reconstitution à divers stades. La succession des savanes herbeuses correspond à des profils pédologiques bien étudiés qui se traduisent par une échelle de fertilité. Les groupements végétaux représentent des entités dont chacune peut être considérée comme une manifestation du complexe édapho-micro-climatique. Quatre profils ont été plus spécialement étudiés :

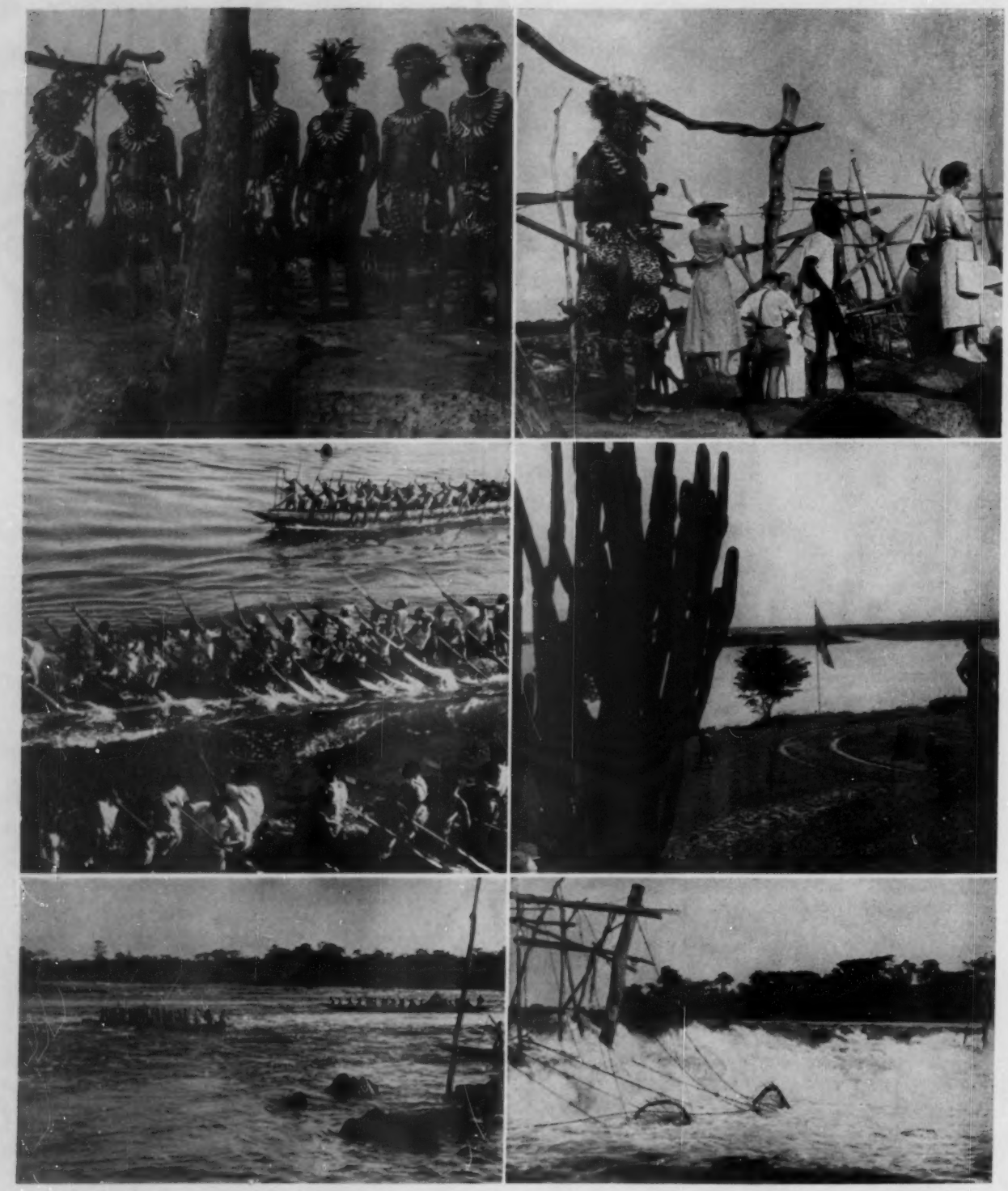


Fig. 4 à 9. — *De gauche à droite et de haut en bas : Chefs de pêcheries Wagenia en costume d'apparat à Stanleyville ; Superstructures de pêcheries Wagenia aux chutes de Stanley ; Courses de pirogues sur le Congo (Yangambi) ; Jardin botanique de Yangambi ; Les pirogues de pêcheurs Wagenia s'efforcent d'atteindre les chutes où sont disposés les pièges à poisson ; Pêcheries Wagenia : pièges amarrés sous les chutes du Congo.*

(Photos A. R. Prévot).

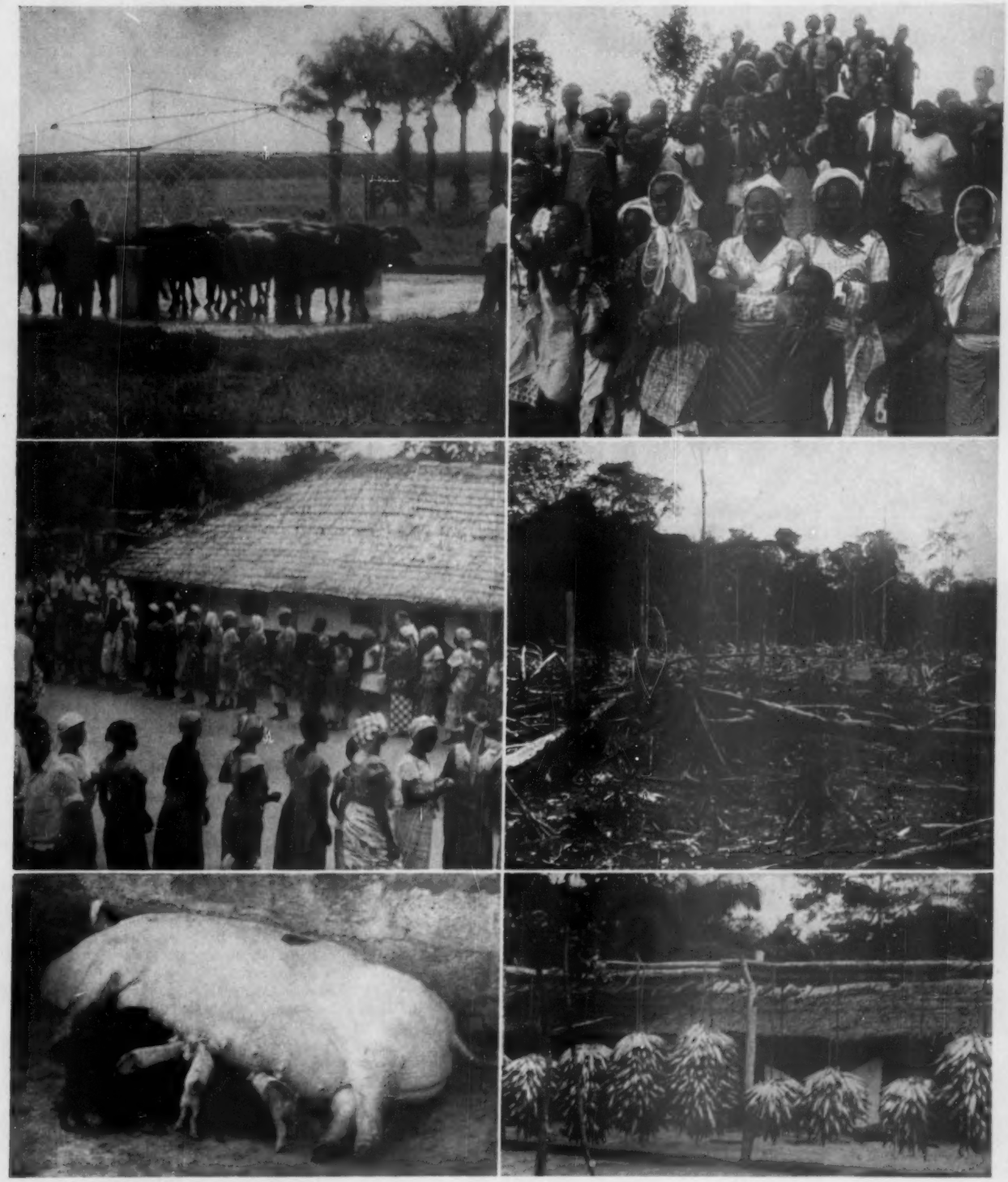


Fig. 10 à 15. — *De gauche à droite et de haut en bas :* ***Buffles du Pakistan sous la douchière à Yangambi ; Accueil de la population indigène à Lilanda (paysannat de Turumbu) ; Fête locale à l'arrivée des congressistes (paysannat de Turumbu) ; Culture en couloir, premier temps ; abattage d'un couloir de forêt ; Élevage d'une nouvelle race de porc croisé du Yorkshire (Yangambi) ; Sécherie indigène de maïs (paysannat de Turumbu).***

(Photos A. R. Prévot).

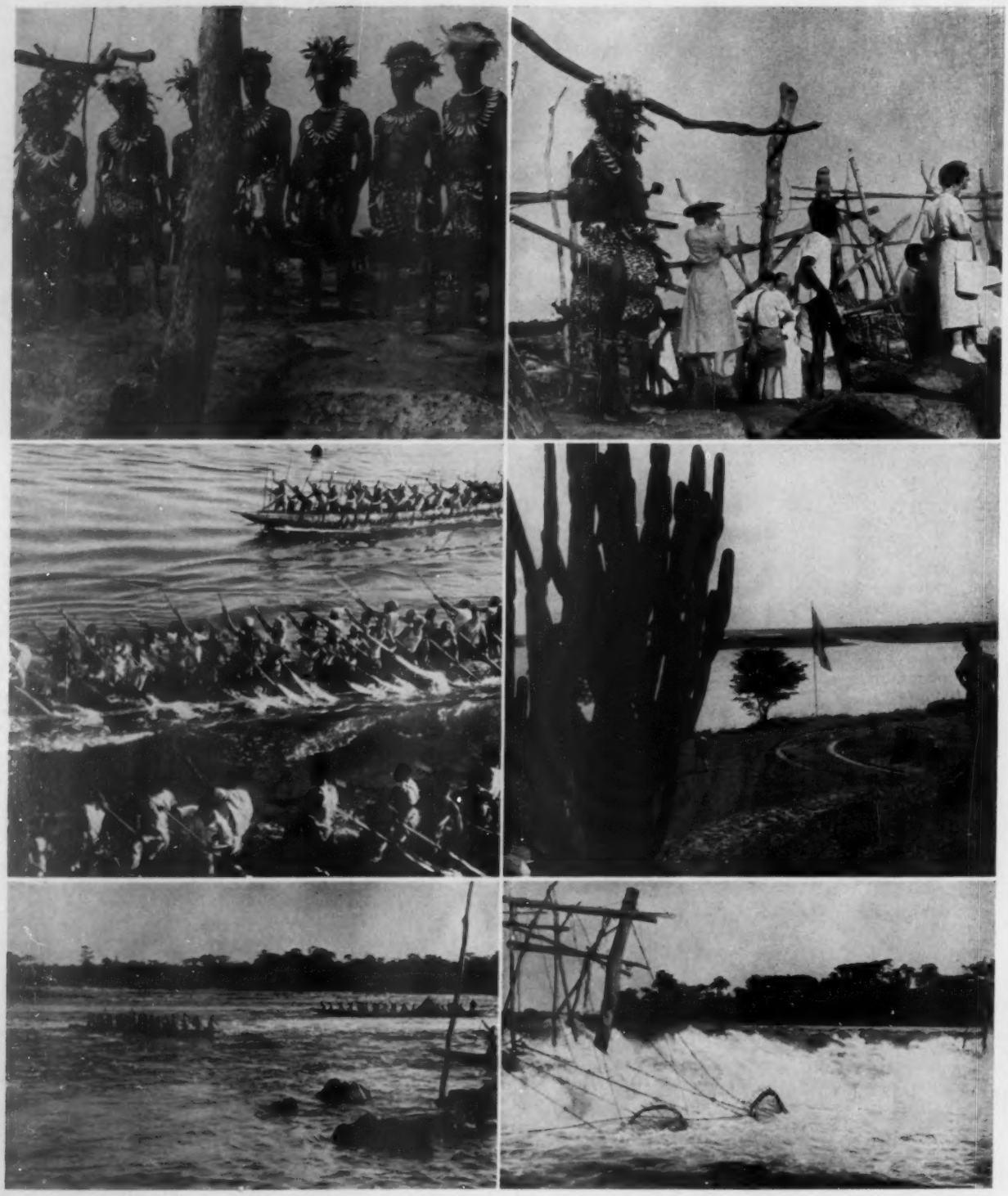


Fig. 4 à 9. — *De gauche à droite et de haut en bas :* ***Chefs de pêcheries Wagenia en costume d'apparat à Stanleyville ; Superstructures de pêcheries Wagenia aux chutes de Stanley ; Courses de pirogues sur le Congo (Yangambi) ; Jardin botanique de Yangambi ; Les pirogues de pêcheurs Wagenia s'efforcant d'atteindre les chutes où sont disposés les pièges à poisson ; Pêcheries Wagenia : pièges amarrés sous les chutes du Congo.***

(Photos A. R. Prévot).

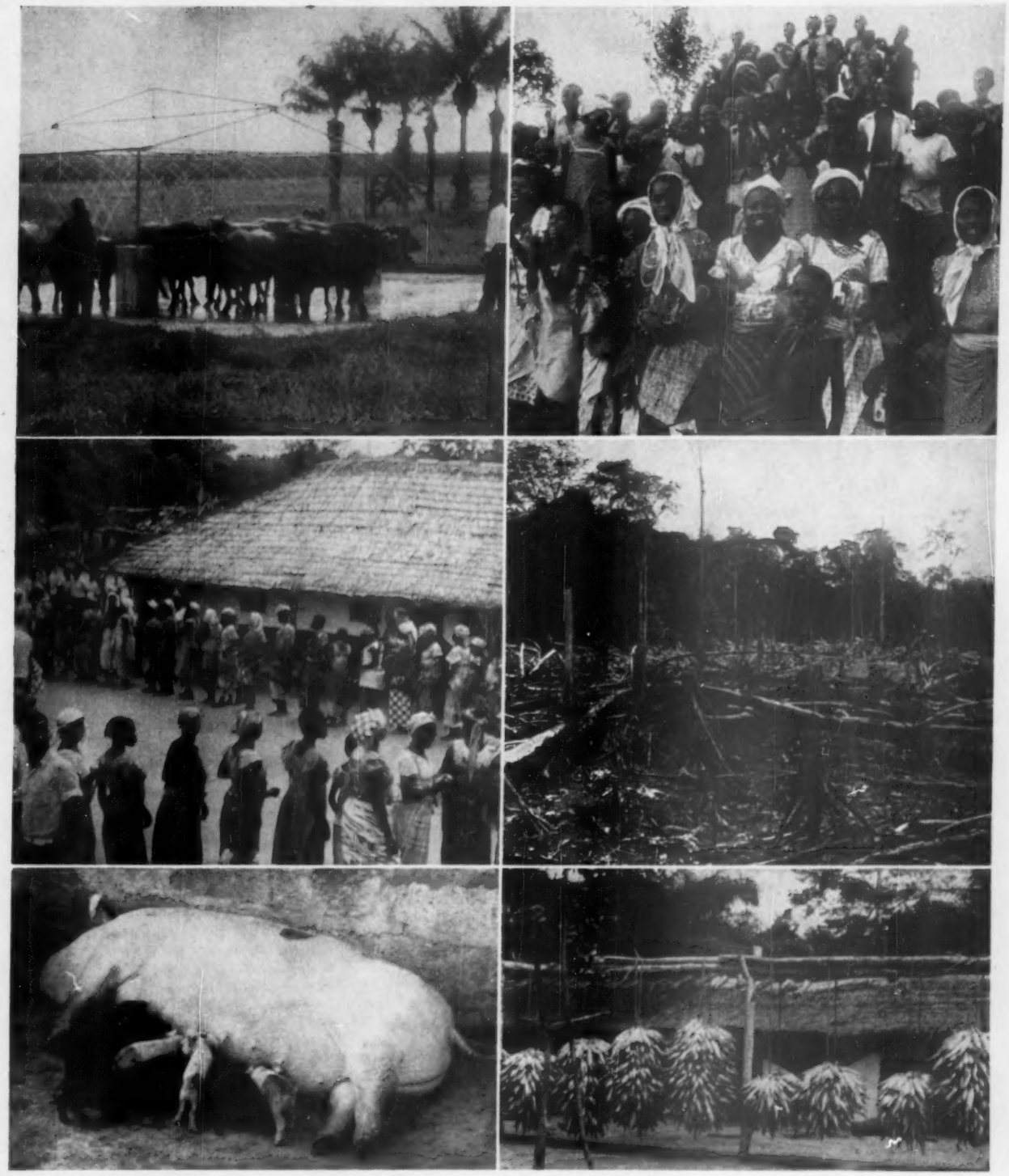


Fig. 10 à 15. — *De gauche à droite et de haut en bas :* ***Buffles du Pakistan sous la douchière à Yangambi ; Accueil de la population indigène à Lilanda (paysannat de Turumbu) ; Fête locale à l'arrivée des congressistes (paysannat de Turumbu) ; Culture en couloir, premier temps : abattage d'un couloir de forêt ; Élevage d'une nouvelle race de porc croisé du Yorkshire (Yangambi) ; Sécherie indigène de maïs (paysannat de Turumbu).***

(Photos A. R. Prévot).

1° la série Kiazi-Col, phase conservée, à humus gris de 15 à 20 cm, chimiquement riche, à végétation à hautes herbes (*Andropogon gabonensis* et *Naphrolepis cordifolia*) surmontée d'un groupement arbustif à *Cussonia angolensis;*

2° la série Lombo, très érodée, sans humus, chimiquement pauvre, à végétation comprenant l'association *Andropogon pseudopricus* et *Sopatia angolensis*, ou l'association à *Anadelphia arrecta;*

3° la série Mvazi, phase bien conservée, à texture argilo-sableuse, humus épais, riche en chaux et matière organique où la végétation est constituée par l'association à *Pennisetum purpureum* et *Psophocarpus palustris;*

4° la série Mbaka, sols lourds, brunâtres, à humus de 20 à 25 cm portant l'association *Hyparrhenia diplandra-Aframomum stipulatum* et la sous-association à *Andropogon schirensis*.

La deuxième visite fut consacrée à la célèbre réserve forestière du Mayumbe, qui nous a montré l'expérience sylvo-bananière de l'I.N.E.A.C. c'est-à-dire l'essai de régénération artificielle de *Terminalia superba* dans des plantations ou cultures vivrières temporaires. La technique consiste à établir une bananeraie par introduction de plants demi-tiges au cours de la saison pluvieuse avec écartement de 4 × 12 m (fig. 2). La réalisation porte sur 4 000 ha de terrains forestiers dont plus de 2 000 ont déjà été mis en valeur.

A l'intérieur de cet immense champ d'expérience, un profil de 250 m de long avait été préparé qui nous a permis d'avoir une vue d'ensemble des sols du Mayumbe (fig. 3). La tranchée descendait jusqu'à la roche de base en voie d'altération, d'origine précambrienne, localement injectée de granite ou recouverte de roches vertes; elle est surmontée par un recouvrement meuble d'épaisseur variable qui repose sur elle par l'intermédiaire de la « stone line » constituée par des éclats de quartz associés avec de la grisaille latéritique. Elle figure un cordon continu et sa permanence à une certaine profondeur ne permet pas de l'interpréter comme une accumulation du type illuvial. Ce profil a été baptisé « Profil du 5e Congrès international de la Science du Sol ».

C'est au cours de cette excursion que les congressistes ont pu admirer l'esprit réaliste des Belges; car, à côté de l'expérience sylvo-bananière dont nous pûmes apprécier l'excellence des résultats au cours de la réception et du lunch offert à la station de Gimbi, nous avons été profondément frappés par l'immensité des plantations de canne à sucre, les palmeraies géantes et les cultures vivrières et fruitières; les sucreries les plus modernes ont été bâties au milieu des champs de canne à sucre, le long de la voie ferrée. Elles produisent du sucre non seulement pour tout le Congo, mais encore pour la Belgique, et pourraient en produire encore bien plus si les Belges voulaient concurrencer les Antilles et l'Indonésie. Mais dans leur sagesse, ils ne produisent que ce qui est nécessaire à la colonie et à la métropole. Nous retrouvons plus tard cette même sagesse pour le coton, le caoutchouc, les fibres textiles dures et ceci n'est pas le moindre sujet de l'admiration que tous les congressistes n'ont pas manqué de leur montrer.

La troisième excursion avait pour but l'étude de la cuvette de Yangambi, au nord de « Stan ». Nous embarquâmes le 27 août au matin à bord de trois gros avions; après le survol de l'immense forêt équatoriale qui couvre la presque totalité des contrées entre Léo et Stan, l'avion tourna autour de la région que nous devions étudier, afin de nous en faire connaître une vue aérienne d'ensemble. Après l'atterrissage à Stan, des voitures vinrent nous chercher pour la visite de la ville, de la cité indigène et surtout des fameuses pêcheries de Wagenia (fig. 5, 8, 9), où nous fûmes reçus par les grands chefs noirs en costume d'apparat (fig. 4). Les Stanley-Falls sont peut-être moins impressionnantes que les Victoria-Falls ou les chutes du Niagara, mais elles sont à coup sûr plus pittoresques : les pirogues des pêcheurs nous donnèrent une démonstration des plus mouvementées de l'adresse et du courage des Wagenia. Dès le lendemain matin, nous prenions place à bord de la *Reine Astrid*, lourd paquebot à roues qui nous transporta à Yangambi. Ce fut la partie la plus divertissante du voyage : les boys sondeurs armés de la perche jalonnée et chantant les profondeurs changeantes du Congo sur un air de mélopée triste; les villages traversés; les Lokélés, cette tribu étrange, jadis guerrière et vivant maintenant perpétuellement sur le fleuve, à bord de longues pirogues, avec toute leur famille, tous leurs biens et leur poulailler au centre. Ils se livrent au commerce forain de n'importe quelle marchandise achetée ici et revendue ailleurs. Enfin et surtout l'inoubliable réception des paysans noirs à l'arrivée à Yangambi. Combien étaient-ils ? 5 000, 10 000, 20 000; personne n'aurait pu le dire; mais avertis de l'arrivée des « grands chefs blancs » par le tam-tam, ils avaient pris « leurs pieds, la route » et étaient venus de 50 km à la ronde pour fêter notre arrivée, vêtus de leurs plus beaux atours; ils formaient une masse multicolore mouvante et bruyante et combien sympathique. Certains, groupés par 20, 30 ou 40 dans leurs pirogues, nous donnèrent un avant-goût de la fête qu'ils préparaient pour nous où les courses de pirogues (fig. 6) et les danses guerrières constituaient l'essentiel du programme.

Quand les premiers explorateurs belges arrivèrent à Yangambi, ils trouvèrent une nature désolée, un village dont toutes les cases étaient vides, sauf une où un vieux ménage noir agonisait de la maladie du sommeil. C'est maintenant un des centres les plus importants et les plus richement équipés du monde pour l'étude de la science du sol : instituts de recherches botanique, géologique, pédologique, génétique; laboratoires multiples où des travailleurs jeunes et ardents se consacrent à toutes les activités scientifiques concernant le sol, l'agriculture et l'élevage.

Un splendide jardin bonatique domine le fleuve (fig. 7). Une usine moderne traite les fruits de la palmeraie gigantesque qui entoure les terrains d'expérience; une autre traite le latex récolté dans les magnifiques plantations d'*Hevea* qui fournissent un tonnage impressionnant de caoutchouc. Une cité moderne au milieu des fleurs : la « Guest House », abrite les travailleurs et leur famille.

Là ont été obtenues des races nouvelles d'animaux domestiques : par exemple, cette race de porcs croisés du Yorkshire, dont ils tiennent la taille et la saveur, et du porc noir indigène dont ils prennent la robustesse et la résistance aux maladies (fig. 14). Là ont été acclimatés les buffles du Pakistan, amenés par avions et passant une partie des chaudes journées équatoriales sous les douchières aménagées pour eux (fig. 10). Nous étions tous émerveillés de la richesse et de la santé de cette contrée jadis désolée et ruinée par la maladie et la famine. C'est l'œuvre de l'I.N.E.A.C. que nous saluons ici de toute notre admiration.

Mais le travail sur le terrain commença aussitôt. Les sols de la région se divisent en deux groupes : sols de plateau développé dans les sédiments éoliens et sols de la plaine alluviale. Dans la végétation, deux séries aussi : l'une sur terre ferme constituée par des recrus forestiers et évoluant vers les associations *climax :* forêts à *Gilbertiodendron Dewevrei* et à *Brachystegia Laurentii;* l'autre cantonnée aux zones marécageuses constituées par des prairies aquatiques et des forêts secondaires palustres.

Le 28 août fut occupé par l'étude de la plaine alluviale. La route s'élève d'abord au niveau des sols de plateau et descend ensuite en pente douce à un niveau d'affleurement du banc latéritique sous-jacent au dépôt éolien puis au niveau de la plaine alluviale; elle traverse ensuite le flot sablonneux de la rivière Boonde et longe jusqu'à la rivière Lilanda le pied des colluvions de plateaux. Au village de Lilanda, où une fête locale nous attendait (fig. 12), nous pûmes étudier un *ground water*

Fig. 16 et 17. — *A gauche :* ***Élevage de races sélectionnées de bovidés.*** — *A droite .* ***Expérience de fumure pour le sisal*** **(Gazi).**
(*Photos* A. R. Prévot).

podzol qui jadis n'était qu'un vaste marécage aujourd'hui asséché, assaini et très productif. C'est là que nous pûmes étudier un centre social : le paysannat Turumbu. Les femmes indigènes nous donnèrent un spectacle de danses des plus colorés; les hommes des simulacres de chasse et de guerre; les paysans nous montrèrent les sécheries de maïs (fig. 15); les jeunes gens nous initièrent au maniement du tam-tam. Au retour, nous visitons la presqu'île Lokele mise en valeur par l'élevage et la production mécanisée des produits vivriers.

L'après-midi est consacré à la visite des centres de recherches de Yangambi et le soir le directeur de l'I.N.E.A.C. et le Club sportif de Yangambi nous offrent une fête de nuit très réussie. C'est le lendemain qu'eurent lieu les inoubliables courses de pirogue et les danses indigènes.

La dernière journée est consacrée aux sols de plateau vers Weko et Olembe : dépôts de sables éoliens autochtones suivis de leurs produits de remaniement, sables redéposés ou colluvions anciennes et récentes; enfin, près de la rivière, des sables alluvionnaires jeunes. Cette succession se traduit par une *catena* comprenant des sols autochtones à 30 pour 100 d'argile. Ce sont les *latosols* de Kellog.

Le déjeuner eut lieu à Gazi dans une vaste prairie aménagée par l'I.N.E.A.C. pour la circonstance, où la somptuosité des mets et des fruits a laissé à tous les congressistes des souvenirs qui ne sont pas près de se perdre. L'après-midi fut occupé par la visite des cultures en couloir du paysannat de Turumbu, une des formes les plus efficaces de la conservation des sols et de leur protection contre l'érosion et l'usure (fig. 13).

Une dernière excursion eut lieu dans la région d'Élisabethville et du Haut-Katanga, mais n'ayant pas pu y participer, nous ne pouvons en dire que ce que nous avons entendu de la bouche des heureux congressistes qui ont pu la suivre : elle fut aussi intéressante que les deux précédentes.

L'impression d'ensemble que tous les congressistes ont exprimée est la parfaite organisation du Congrès dans une région où les réalisations les plus efficaces ont été faites en vue des applications de la nouvelle science du sol. En dehors des comptes rendus du Congrès, parus récemment en quatre forts volumes, richement édités et illustrés, de très nombreux documents avaient été distribués aux congressistes : cartographie, études statistiques des rendements des expériences, résultats des essais de fumure (fig. 17), etc. Parmi eux, l'un plus que tous les autres atteste l'activité prodigieuse des Belges au Congo : c'est le remarquable ouvrage de G. Tondeur sur *L'érosion du sol, spécialement au Congo Belge* qui, après avoir exposé tous les mécanismes de l'érosion, en donne tous les remèdes : prévention et correction, méthodes mécaniques ou hydrauliques, technique des terrasses de diversion.

Tous indiquent la force et la vigueur de la jeune science du sol; déjà nous préparons le 6e Congrès qui aura lieu à Paris en août-septembre 1956. En tant que président sortant de la section de Biologie, nous avons été chargé de l'organisation de cette section pour le Congrès de Paris. Il ne sera pas indifférent aux lecteurs de *La Nature* de connaître la vie intime d'une des sections les plus importantes de la science du sol. La Biologie du Sol a été subdivisée en six sous-sections : Microbiologie, Biochimie, Mycologie, Algologie, Zoologie, Technologie biologique. D'accord avec le Comité organisateur, nous avons choisi comme thème général des travaux : *l'influence des actions de l'homme sur les microbes, les algues, les champignons et les animaux du sol.* Nous espérons que le Congrès de Paris sera aussi animé et aussi intéressant que celui de Léopoldville et qu'il contribuera, comme les précédents, à développer la Science du Sol, pour elle-même d'abord, mais surtout pour susciter de nouvelles applications pratiques et tout particulièrement pour la solution du problème n° 1 de l'humanité : *que chaque être humain puisse manger à sa faim.*

A. R. Prévot,
Chef de Service à l'Institut Pasteur,
Président de la Commission de Biologie du 5e Congrès international de la Science du Sol.

La chèvre, « rasoir du globe »

La Nouvelle-Zélande, à une ou deux exceptions près, n'abritait pas de mammifères à l'origine, mais ce continent pouvait être fier de sa faune ornithologique remarquable. C'est avec les hommes que pénétrèrent dans ce milieu des animaux peu adaptés à l'environnement : le chat, redevenu sauvage, y détruit les oiseaux; l'opossum s'est révélé un ennemi public et un danger pour la régénération de certains types de forêts. Quant aux chèvres, elles s'y maintiennent à la hauteur de la réputation qu'elles ont acquise dans les pays méditerranéens, c'est-à-dire que nul vestige de végétation ne demeure où elles ont pénétré.

1° la série Kiazi-Col, phase conservée, à humus gris de 15 à 20 cm, chimiquement riche, à végétation à hautes herbes (*Andropogon gabonensis* et *Naphrolepis cordifolia*) surmontée d'un groupement arbustif à *Cussonia angolensis;*

2° la série Lombo, très érodée, sans humus, chimiquement pauvre, à végétation comprenant l'association *Andropogon pseudopricus* et *Soputia angolensis*, ou l'association à *Anadelphia arrecta;*

3° la série Mvazi, phase bien conservée, à texture argilo-sableuse, humus épais, riche en chaux et matière organique où la végétation est constituée par l'association à *Pennisetum purpureum* et *Psophocarpus palustris;*

4° la série Mbaka, sols lourds, brunâtres, à humus de 20 à 25 cm portant l'association *Hyparrhenia diplandra-Aframomum stipulatum* et la sous-association à *Andropogon schirensis.*

La deuxième visite fut consacrée à la célèbre réserve forestière du Mayumbe, qui nous a montré l'expérience sylvo-bananière de l'I.N.E.A.C. c'est-à-dire l'essai de régénération artificielle de *Terminalia superba* dans des plantations ou cultures vivrières temporaires. La technique consiste à établir une bananeraie par introduction de plants demi-tiges au cours de la saison pluvieuse avec écartement de 4 × 12 m (fig. 2). La réalisation porte sur 4 000 ha de terrains forestiers dont plus de 2 000 ont déjà été mis en valeur.

A l'intérieur de cet immense champ d'expérience, un profil de 250 m de long avait été préparé qui nous a permis d'avoir une vue d'ensemble des sols du Mayumbe (fig. 3). La tranchée descendait jusqu'à la roche de base en voie d'altération, d'origine précambrienne, localement injectée de granite ou recouverte de roches vertes; elle est surmontée par un recouvrement meuble d'épaisseur variable qui repose sur elle par l'intermédiaire de la « stone line » constituée par des éclats de quartz associés avec de la grisaille latéritique. Elle figure un cordon continu et sa permanence à une certaine profondeur ne permet pas de l'interpréter comme une accumulation du type illuvial. Ce profil a été baptisé « Profil du 5e Congrès international de la Science du Sol ».

C'est au cours de cette excursion que les congressistes ont pu admirer l'esprit réaliste des Belges; car, à côté de l'expérience sylvo-bananière dont nous pûmes apprécier l'excellence des résultats au cours de la réception et du lunch offert à la station de Gimbi, nous avons été profondément frappés par l'immensité des plantations de canne à sucre, les palmeraies géantes et les cultures vivrières et fruitières; les sucreries les plus modernes ont été bâties au milieu des champs de canne à sucre, le long de la voie ferrée. Elles produisent du sucre non seulement pour tout le Congo, mais encore pour la Belgique, et pourraient en produire encore bien plus si les Belges voulaient concurrencer les Antilles et l'Indonésie. Mais dans leur sagesse, ils ne produisent que ce qui est nécessaire à la colonie et à la métropole. Nous retrouvons plus tard cette même sagesse pour le coton, le caoutchouc, les fibres textiles dures et ceci n'est pas le moindre sujet de l'admiration que tous les congressistes n'ont pas manqué de leur montrer.

La troisième excursion avait pour but l'étude de la cuvette de Yangambi, au nord de « Stan ». Nous embarquâmes le 27 août au matin à bord de trois gros avions; après le survol de l'immense forêt équatoriale qui couvre la presque totalité des contrées entre Léo et Stan, l'avion tourna autour de la région que nous devions étudier, afin de nous en faire connaître une vue aérienne d'ensemble. Après l'atterrissage à Stan, des voitures vinrent nous chercher pour la visite de la ville, de la cité indigène et surtout des fameuses pêcheries de Wagenia (fig. 5, 8, 9), où nous fûmes reçus par les grands chefs noirs en costume d'apparat (fig. 4). Les Stanley-Falls sont peut-être moins impressionnantes que les Victoria-Falls ou les chutes du Niagara, mais elles sont à coup sûr plus pittoresques : les pirogues des pêcheurs nous donnèrent une démonstration des plus mouvementées de l'adresse et du courage des Wagenia. Dès le lendemain matin, nous prenions place à bord de la *Reine Astrid*, lourd paquebot à roues qui nous transporta à Yangambi. Ce fut la partie la plus divertissante du voyage : les boys sondeurs armés de la perche jalonnée et chantant les profondeurs changeantes du Congo sur un air de mélopée triste; les villages traversés; les Lokélés, cette tribu étrange, jadis guerrière et vivant maintenant perpétuellement sur le fleuve, à bord de longues pirogues, avec toute leur famille, tous leurs biens et leur poulailler au centre. Ils se livrent au commerce forain de n'importe quelle marchandise achetée ici et revendue ailleurs. Enfin et surtout l'inoubliable réception des paysans noirs à l'arrivée à Yangambi. Combien étaient-ils ? 5 000, 10 000, 20 000; personne n'aurait pu le dire; mais avertis de l'arrivée des « grands chefs blancs » par le tam-tam, ils avaient pris « leurs pieds, la route » et étaient venus de 50 km à la ronde pour fêter notre arrivée, vêtus de leurs plus beaux atours; ils formaient une masse multicolore mouvante et bruyante et combien sympathique. Certains, groupés par 20, 30 ou 40 dans leurs pirogues, nous donnèrent un avant-goût de la fête qu'ils préparaient pour nous où les courses de pirogues (fig. 6) et les danses guerrières constituaient l'essentiel du programme.

Quand les premiers explorateurs belges arrivèrent à Yangambi, ils trouvèrent une nature désolée, un village dont toutes les cases étaient vides, sauf une où un vieux ménage noir agonisait de la maladie du sommeil. C'est maintenant un des centres les plus importants et les plus richement équipés du monde pour l'étude de la science du sol : instituts de recherches botanique, géologique, pédologique, génétique; laboratoires multiples où des travailleurs jeunes et ardents se consacrent à toutes les activités scientifiques concernant le sol, l'agriculture et l'élevage.

Un splendide jardin bonatique domine le fleuve (fig. 7). Une usine moderne traite les fruits de la palmeraie gigantesque qui entoure les terrains d'expérience; une autre traite le latex récolté dans les magnifiques plantations d'*Hevea* qui fournissent un tonnage impressionnant de caoutchouc. Une cité moderne au milieu des fleurs : la « Guest House », abrite les travailleurs et leur famille.

Là ont été obtenues des races nouvelles d'animaux domestiques : par exemple, cette race de porcs croisés du Yorkshire, dont ils tiennent la taille et la saveur, et du porc noir indigène dont ils prennent la robustesse et la résistance aux maladies (fig. 14). Là ont été acclimatés les buffles du Pakistan, amenés par avions et passant une partie des chaudes journées équatoriales sous les douchières aménagées pour eux (fig. 10). Nous étions tous émerveillés de la richesse et de la santé de cette contrée jadis désolée et ruinée par la maladie et la famine. C'est l'œuvre de l'I.N.E.A.C. que nous saluons ici de toute notre admiration.

Mais le travail sur le terrain commença aussitôt. Les sols de la région se divisent en deux groupes : sols de plateau développé dans les sédiments éoliens et sols de la plaine alluviale. Dans la végétation, deux séries aussi : l'une sur terre ferme constituée par des recrus forestiers et évoluant vers les associations *climax :* forêts à *Gilbertiodendron Dewevrei* et à *Brachystegia Laurentii;* l'autre cantonnée aux zones marécageuses constituées par des prairies aquatiques et des forêts secondaires palustres.

Le 28 août fut occupé par l'étude de la plaine alluviale. La route s'élève d'abord au niveau des sols de plateau et descend ensuite en pente douce à un niveau d'affleurement du banc latéritique sous-jacent au dépôt éolien puis au niveau de la plaine alluviale; elle traverse ensuite le flot sablonneux de la rivière Boonde et longe jusqu'à la rivière Lilanda le pied des colluvions de plateaux. Au village de Lilanda, où une fête locale nous attendait (fig. 12), nous pûmes étudier un *ground water*

Fig. 16 et 17. — *A gauche :* ***Élevage de races sélectionnées de bovidés.*** — *A droite .* ***Expérience de fumure pour le sisal*** (Gazi).
(*Photos* A. R. Prévot).

podzol qui jadis n'était qu'un vaste marécage aujourd'hui asséché, assaini et très productif. C'est là que nous pûmes étudier un centre social : le paysannat Turumbu. Les femmes indigènes nous donnèrent un spectacle de danses des plus colorés; les hommes des simulacres de chasse et de guerre; les paysans nous montrèrent les sécheries de maïs (fig. 15); les jeunes gens nous initièrent au maniement du tam-tam. Au retour, nous visitons la presqu'île Lokele mise en valeur par l'élevage et la production mécanisée des produits vivriers.

L'après-midi est consacré à la visite des centres de recherches de Yangambi et le soir le directeur de l'I.N.E.A.C. et le Club sportif de Yangambi nous offrent une fête de nuit très réussie. C'est le lendemain qu'eurent lieu les inoubliables courses de pirogue et les danses indigènes.

La dernière journée est consacrée aux sols de plateau vers Weko et Olembe : dépôts de sables éoliens autochtones suivis de leurs produits de remaniement, sables redéposés ou colluvions anciennes et récentes; enfin, près de la rivière, des sables alluvionnaires jeunes. Cette succession se traduit par une *catena* comprenant des sols autochtones à 30 pour 100 d'argile. Ce sont les *latosols* de Kellog.

Le déjeuner eut lieu à Gazi dans une vaste prairie aménagée par l'I.N.E.A.C. pour la circonstance, où la somptuosité des mets et des fruits a laissé à tous les congressistes des souvenirs qui ne sont pas près de se perdre. L'après-midi fut occupé par la visite des cultures en couloir du paysannat de Turumbu, une des formes les plus efficaces de la conservation des sols et de leur protection contre l'érosion et l'usure (fig. 13).

Une dernière excursion eut lieu dans la région d'Elisabethville et du Haut-Katanga, mais n'ayant pas pu y participer, nous ne pouvons en dire que ce que nous avons entendu de la bouche des heureux congressistes qui ont pu la suivre : elle fut aussi intéressante que les deux précédentes.

L'impression d'ensemble que tous les congressistes ont exprimée est la parfaite organisation du Congrès dans une région où les réalisations les plus efficaces ont été faites en vue des applications de la nouvelle science du sol. En dehors des comptes rendus du Congrès, parus récemment en quatre forts volumes, richement édités et illustrés, de très nombreux documents avaient été distribués aux congressistes : cartographie, études statistiques des rendements des expériences, résultats des essais de fumure (fig. 17), etc. Parmi eux, l'un plus que tous les autres atteste l'activité prodigieuse des Belges au Congo : c'est le remarquable ouvrage de G. Tondeur sur *L'érosion du sol, spécialement au Congo Belge* qui, après avoir exposé tous les mécanismes de l'érosion, en donne tous les remèdes : prévention et correction, méthodes mécaniques ou hydrauliques, technique des terrasses de diversion.

Tous indiquent la force et la vigueur de la jeune science du sol; déjà nous préparons le 6e Congrès qui aura lieu à Paris en août-septembre 1956. En tant que président sortant de la section de Biologie, nous avons été chargé de l'organisation de cette section pour le Congrès de Paris. Il ne sera pas indifférent aux lecteurs de *La Nature* de connaître la vie intime d'une des sections les plus importantes de la science du sol. La Biologie du Sol a été subdivisée en six sous-sections : Microbiologie, Biochimie, Mycologie, Algologie, Zoologie, Technologie biologique. D'accord avec le Comité organisateur, nous avons choisi comme thème général des travaux : *l'influence des actions de l'homme sur les microbes, les algues, les champignons et les animaux du sol.* Nous espérons que le Congrès de Paris sera aussi animé et aussi intéressant que celui de Léopoldville et qu'il contribuera, comme les précédents, à développer la Science du Sol, pour elle-même d'abord, mais surtout pour susciter de nouvelles applications pratiques et tout particulièrement pour la solution du problème n° 1 de l'humanité : *que chaque être humain puisse manger à sa faim.*

A. R. Prévot,
Chef de Service à l'Institut Pasteur,
Président de la Commission de Biologie du 5e Congrès international de la Science du Sol.

La chèvre, « rasoir du globe »

La Nouvelle-Zélande, à une ou deux exceptions près, n'abritait pas de mammifères à l'origine, mais ce continent pouvait être fier de sa faune ornithologique remarquable. C'est avec les hommes que pénétrèrent dans ce milieu des animaux peu adaptés à l'environnement : le chat, redevenu sauvage, y détruit les oiseaux ; l'opossum s'est révélé un ennemi public et un danger pour la régénération de certains types de forêts. Quant aux chèvres, elles s'y maintiennent à la hauteur de la réputation qu'elles ont acquise dans les pays méditerranéens, c'est-à-dire que nul vestige de végétation ne demeure où elles ont pénétré.

Extinction d'un feu d'hydrocarbures par insufflation d'air comprimé

La manutention des hydrocarbures liquides présente de réels dangers; une fuite, une étincelle, il n'en faut pas davantage pour provoquer un incendie. C'est dire l'importance des mesures préventives appliquées dans l'industrie pétrolière pour assurer la sécurité du personnel et préserver les coûteuses installations de stockage. De nombreux procédés de lutte ont depuis longtemps été expérimentés. Ce n'est que tout récemment, pourtant, qu'une méthode de grande efficacité et relativement peu coûteuse a été mise au point, dans des circonstances qui valent d'être contées.

Il y a quelques années, M. Risinger, directeur de la sécurité à la Socony Mobil Oil Company aux États-Unis, expliquait au cours d'une conférence le processus de combustion des hydrocarbures liquides; à un certain moment, pour démontrer l'influence de la température, il posa sur de la glace un petit récipient contenant du pétrole enflammé; bien entendu, l'extinction ne se fit pas attendre longtemps. Un peu plus tard, ayant à renouveler l'expérience, M. Risinger ralluma le pétrole du récipient, mais, s'apercevant qu'il n'y en avait presque plus, il en remit un peu. A sa surprise, le feu s'éteignit aussitôt. Il avait donc suffi d'un peu de liquide froid pour réduire la température de la masse au point d'arrêter la combustion du pétrole en surface.

Le même résultat ne pourrait-il être obtenu en utilisant les couches inférieures du liquide ? Il suffisait en somme de brasser le pétrole enflammé avec un agitateur. Cette simple méthode se montra efficace. Une technique nouvelle d'extinction des feux d'hydrocarbures était entrevue; encore fallait-il trouver le moyen de l'appliquer économiquement à l'échelle des stockages industriels.

Rien de mieux à cet égard que de créer une turbulence en insufflant sous pression un gaz dans les couches inférieures de la masse liquide. De nombreux essais exécutés en laboratoire par M. Risinger furent concluants. Vivement intéressée, la Socony Mobil Oil n'hésita pas alors à financer la mise au point de la méthode. Des essais furent faits sur une gamme étendue de produits et sur des réservoirs de diamètres de plus en plus grands. Ces expériences s'étendirent sur plusieurs années, elles absorbèrent d'importants capitaux mais, finalement, les résultats dépassèrent les espérances. A titre d'exemple, l'extinction d'un réservoir de 36 m de diamètre contenant 7 500 m³ de « fuel » s'obtient en 36 s.

La filiale française de la compagnie américaine a récemment organisé des démonstrations à l'intention des pouvoirs publics. Le bac utilisé mesurait 5 m de diamètre, 4 m de hauteur et contenait 60 m³ de pétrole. Le dispositif d'injection d'air était constitué par une canalisation de 50 mm alimentant une buse centrale; l'air était fourni par un compresseur; une vanne d'un demi-pouce (1,27 cm) assurait le réglage du débit. L'extinction totale a toujours été obtenue, dans ces démonstrations, en une vingtaine de secondes, la vanne étant ouverte sur environ un quart de filet seulement, position correspondant à un léger décollage de l'opercule.

Examinons à présent les différents cas qui peuvent se présenter. Nous supposerons en premier lieu qu'un incendie s'est déclaré dans un réservoir contenant du pétrole raffiné, après qu'une explosion en a préalablement soufflé le toit (condition évidemment *sine qua non*). Rapidement, la surface d'évaporation se trouve portée à une température élevée, mais seulement — on l'a vérifié — sur une faible épaisseur, pratiquement indépendante d'ailleurs du temps de combustion. Dans le réservoir en flammes se trouvent donc juxtaposées une couche chaude de faible épaisseur et une importante masse liquide relativement froide. Si, dans ces conditions, on insuffle dans cette dernière de l'air comprimé qui lui-même se trouve à la température ambiante, on provoquera fatalement un brassage général qui aura pour conséquence d'abaisser la température de la surface d'évaporation à une valeur voisine de celle de la masse liquide. Le pétrole ne donnant pas, à cette température, suffisamment de vapeurs inflammables, le feu s'arrêtera de lui-même.

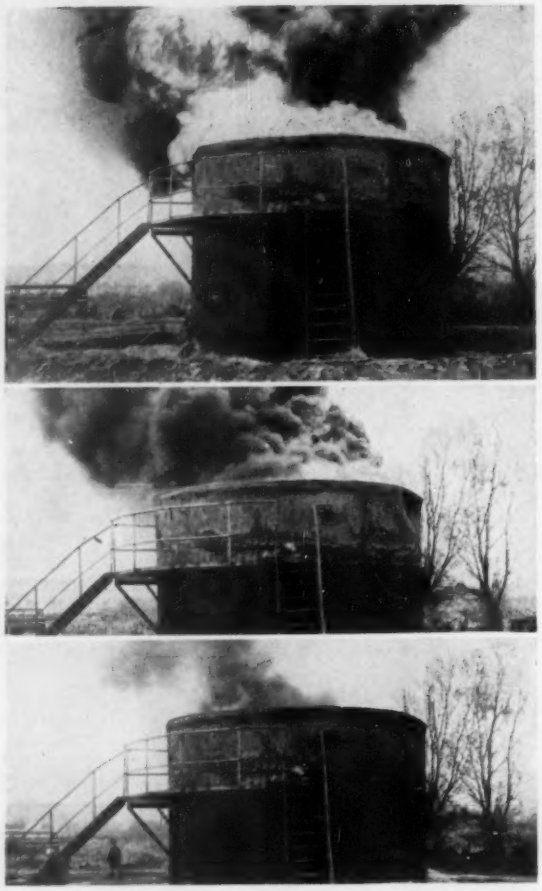


Fig. 1, 2, 3. — *Démonstration de l'efficacité de la méthode d'insufflation d'air comprimé dans la masse, brûlant en surface, d'un hydrocarbure liquide entreposé dans un réservoir dont le toit a été soufflé par une explosion.*

Le réservoir de démonstration est un bac de 5 m de diamètre, 4 m de hauteur, contenant 60 m³ de pétrole. *De haut en bas :* après 5 mn de libre combustion ; après 15 s de brassage à l'air comprimé ; après 20 s de brassage.

Avec de l'essence, on ne peut évidemment s'attendre à un résultat semblable. Il n'empêche qu'on enregistre avec ce produit une réduction très notable de la hauteur des flammes, ce qui facilite grandement l'approche du foyer et permet de le combattre efficacement et rapidement avec les moyens d'extinction connus.

Supposons, maintenant, que le réservoir contienne du pétrole brut. L'importante chaleur dégagée par la combustion provoquera une véritable distillation, d'où un fractionnement en particules plus légères, qui s'évaporeront, et en particules plus lourdes, qui auront tendance à descendre, tout en perdant de leur chaleur au profit des couches froides qu'elles traverseront. Il s'ensuivra un accroissement progressif de la température des couches voisines de la surface en flammes. La vague de chaleur ainsi formée gagnera peu à peu toute la masse; l'analyse du phénomène a montré que la vitesse de propagation est de l'ordre de 30 à 45 cm/h.

Jusqu'à présent, la haute température des couches superficielles rendait particulièrement malaisée l'extinction des « bruts ». En effet, l'eau contenue dans la mousse déversée par l'extincteur était immédiatement convertie en vapeur et, par expansion, pouvait provoquer un débordement du liquide enflammé. Or, le brassage à l'air comprimé empêche la formation de la vague de chaleur et réduit considérablement l'intensité des flammes; il peut même entraîner l'arrêt total de la combustion si le produit n'est pas trop riche en éléments volatils.

Un essai a été exécuté sur un réservoir de 9 m de diamètre contenant un « brut » riche en produits légers. Après 30 mn de combustion libre, la couche chaude avait environ 15 cm d'épaisseur. On a alors injecté de l'air comprimé; en 30 s le feu était maîtrisé; après une heure et demie de brassage, l'extinction fut facilement obtenue avec quelques litres de mousse fournie par une seule petite lance.

L'expérience a été répétée en utilisant, comme agent extincteur, de la poudre, puis du CO_2. Les résultats sont du même ordre. Sans entrer dans le détail du comportement de tous les produits pétroliers, on peut les classer en deux catégories : 1° ceux dont l'incendie est éteint par le brassage seul, c'est-à-dire les pétroles, gas-oils, fuels, huiles, et les bruts pauvres en produits légers; 2° ceux où le brassage réduit l'intensité du foyer et rend plus facile l'extinction par les moyens habituels (essences et bruts « légers »).

Le brassage constitue donc toujours un précieux adjuvant de la lutte contre le feu. Son application aux parcs de stockage se fera à peu de frais, l'équipement des réservoirs étant facile. L'air comprimé, fourni par un compresseur ou une batterie de bouteilles, sera insufflé dans le réservoir par une canalisation de faible section et commandée de l'extérieur par une vanne munie d'un raccord auquel sera branchée l'arrivée d'air.

A chaque réservoir correspond, naturellement, une valeur caractéristique du volume d'air comprimé à injecter pour obtenir l'efficacité maximale. Ainsi, le débit par minute et par mètre carré de surface varie avec le diamètre du réservoir.

La disposition des points d'arrivée de l'air a également une incidence sur le débit optimum. Pour les bacs dont le diamètre n'excède pas 12 m, une seule injection à proximité de la paroi est suffisante; on améliore légèrement le résultat en insufflant de l'air au centre même du réservoir. Pour les bacs de grand diamètre, nécessitant des arrivées d'air multiples, la meilleure disposition consiste en une répartition des points d'injection sur un cercle inscrit de rayon égal aux 3/4 ou aux 2/3 du rayon du réservoir, suivant que l'on aura prévu ou non une arrivée centrale. On peut également utiliser pour le brassage les canalisations, les tubulures de purge, les dispositifs de mélange et de nettoyage des fonds de bacs.

René Brocard.

L'émission d'ondes radioélectriques par Jupiter

En juin 1955, les journaux relataient la découverte sensationnelle de l'émission d'ondes radioélectriques par Jupiter. Des communications faites au récent Congrès international de Radioastronomie de Manchester ont apporté des précisions sur ce phénomène. Seul le résultat des observations des Américains Burke et Franklin sur 13,5 m de longueur d'onde était alors publié. On observe sur cette longueur d'onde une série de sursauts brefs mais nombreux au moment du passage de la planète dans la direction fixe de réception de l'antenne (une grande antenne en croix du type décrit dans *La Nature* de mars 1955). Les observations ne sont possibles qu'un jour sur trois en moyenne.

Reprenant de nombreux enregistrements du ciel sur 16,4 m de longueur d'onde datant de 1951, où ils se rappelaient avoir vu un phénomène analogue, qu'ils croyaient dû à des parasites atmosphériques, les Australiens Wild et Shain devaient se rendre compte que la cause de l'émission ne pouvait être que Jupiter. En effet, la direction de l'antenne au moment du maximum de réception coïncidait avec la position de la planète, et il est possible de suivre le mouvement apparent de celle-ci sur la sphère céleste. Le grand nombre d'observations leur permit de voir que le phénomène se produisait vers la zone « tempérée » de la planète, peut-être au niveau de la tache rouge, car la période de l'émission est égale à la période de rotation de ces régions de Jupiter.

Néanmoins, l'origine du rayonnement radioélectrique reste très problématique. Il ne peut s'agir du rayonnement thermique de la planète (on sait que tous les corps émettent du rayonnement électromagnétique dont la répartition spectrale dépend de la température). En effet, la température superficielle de Jupiter ne dépasse pas 160° K (— 113° C) et son rayonnement aux fréquences radioélectriques est absolument inobservable de la Terre; d'autre part, l'émission serait continue et ne varierait pas au cours du temps. Toutes les autres causes d'émission habituellement invoquées en radioastronomie ne peuvent apporter d'explication. L'aspect des enregistrements laisse penser qu'il pourrait s'agir d'éclairs dans des orages analogues aux orages terrestres, les puissances émises dans les deux cas étant du même ordre de grandeur. L'avenir dira s'il faut accorder foi à cette théorie séduisante mais osée.

J. L.

Les castors de la Tave

La Tave est une petite rivière qui se jette dans le Rhône à la hauteur d'Orange, fréquentée encore par les castors. M. P.-D. Richard, dans *Mammalia* de juin 1955, notait que cet entreprenant rongeur, devenu si rare en France, semble avoir profité des quelques répits que lui ont apportés les premières mesures de protection pour réapprendre le métier de constructeur qu'il avait abandonné. Et l'auteur a pu observer des colonies achevant à tout prix les ouvrages entamés, qui leur servent de voies de communication et de protection, ne se laissant décourager ni par les inondations ni par l'intervention de l'homme. Il est à espérer, avec M. Richard, que l'intérêt des naturalistes pour les bièvres de la Tave sera partagé par la population qui se plaint des dégâts, faciles à réparer, causés par ces animaux, et qui, à l'exception de quelques personnes éclairées, désirerait les supprimer. On souhaite que tel secteur de la Tave soit classé comme réserve avant que le mal ne soit fait.

Au pays des moulins à vent

Un ciel nuageux, immense; des peupliers au feuillage bruissant dans le vent d'ouest; au-dessus des eaux immobiles du canal, les ailes d'un moulin... La lumière délicate du paysage hollandais est toujours celle du pinceau de Ruysdaël : le moulin en constitue toujours le motif original, combien pittoresque!

Les moulins à vent hollandais. — Pour bien connaître les moulins, dans ces Pays-Bas qui en possèdent tant, il est nécessaire de flâner patiemment, de partir à la découverte au long de sinueux et étroits chemins. Rapidement, on se rendra compte que les moulins ne sont pas tous semblables; ils appartiennent à un certain nombre de types nettement différenciés, à la fois par leur aspect extérieur et par leur fonction [1].

Les moulins de polder sont destinés à assécher et à drainer constamment les étendues gagnées sur la mer; ils sont tous situés, par conséquent, dans la partie septentrionale et occidentale des Pays-Bas (fig. 1); installés au niveau des terrains bas, ils sont fréquemment à demi masqués par les digues. Au contraire, le long de la frontière allemande et belge, de Groningue au Limbourg et au Brabant, d'autres moulins sont employés exclusivement à des usages industriels, en particulier à moudre le grain; on peut leur rattacher les moulins à scier, à décortiquer, etc., construits autour d'Amsterdam (région du Zaan) et de Rotterdam. Ces moulins « industriels » sont élevés, afin de saisir le mieux possible la force du vent : ils se dressent souvent sur des éminences et on les voit de loin. Ils s'apparentent au fond à nos moulins à vent français du temps jadis, dont les bras ruinés pendent inactifs aujourd'hui sur les collines...

L'idée de se servir de la force du vent pour exécuter un travail est ancienne. Il semble que ce soit d'Orient (de Perse vraisemblablement) que soit venue l'invention du moulin à vent, aux alentours de l'an 1000. Les moulins se construisirent dans toute l'Europe, de l'Angleterre à l'Espagne, mais ils acquirent aux Pays-Bas un rare degré de perfection. Utilisés d'abord exclusivement pour moudre le grain, ils furent employés, à partir du XVe siècle, en vue de l'asséchement des polders. Le premier moulin de polder semble avoir été édifié entre 1408 et 1430, dans la région de Schoonhoven, près de Gouda (fig. 1).

La renommée des moulins à vent néerlandais dépassa vite les limites des Pays-Bas; partout des techniciens hollandais étaient appelés pour construire les meilleurs types d'appareils : en

Fig. 1. — *Les Pays-Bas.*

1. Les cartes routières Michelin nos 1, 5 et 6 indiquent les principaux moulins; leur usage est donc pratique. Mais il est bon de ne leur accorder qu'un crédit limité, en raison d'erreurs et de lacunes parfois importantes (Kinderdijk : cinq moulins indiqués, alors qu'il en existe une quinzaine (fig. 15); Schermeer-sud : plusieurs moulins signalés n'existent plus depuis longtemps,...). On consultera avec profit l'excellente brochure de K. Bouwenburg, *Windmills in Holland*, Imprimerie Nationale, La Haye, 1954, ainsi que le remarquable ouvrage de J. Van Veen, *Dredge, Drain, Reclaim*, Martinus Nijhoff, La Haye, 3e édition, 1952. Voir également : E. Aubert de la Rüe, *L'homme et le vent*, Gallimard, Paris, 1940.

Fig. 2. — *Paysage hollandais typique : Weesp, près d'Amsterdam* (Photo Wacret)

Fig. 3 et 4. — *A gauche :* ***Vieux moulin à blé, à Horn, dans le Limbourg.*** — *A droite :* ***Le vent a changé de direction : le meunier au travail.***
(*Photo* Van Agtmal). (*Photo* Wijk).

Allemagne, en Suède, en France, en Angleterre, et jusqu'en Moscovie. Le moulin devint partie intégrante du paysage hollandais, et les peintres le prirent plus d'une fois comme sujet favori, de Potter à Rembrandt. Alors que New-York s'appelait encore Nieuw Amsterdam, déjà un moulin s'y dressait, comme en témoignent les estampes du XVIIe siècle.

Aujourd'hui, malgré les ravages de la guerre qui en détruisirent ou en endommagèrent 220, plus de 1 750 moulins demeurent aux Pays-Bas : 1 300 d'entre eux sont en activité dont 60 pour 100 sont des moulins à grain. Leur rôle n'est point terminé, en dépit des attaques de leurs détracteurs; en temps de guerre ou de catastrophe nationale, leur contribution peut se révéler importante. Aussi le gouvernement néerlandais les protège-t-il efficacement contre la ruine et la destruction.

Les moulins industriels. — Les techniques d'écrasement des grains restent primitives en maintes régions du globe : les femmes d'Afrique noire pilent le mil dans un mortier. Dans l'antiquité romaine, les esclaves faisaient passer de lourds rouleaux de marbre sur des pierres plates. Un stade plus perfectionné est marqué par l'apparition des meules mues par des animaux, tournant dans une rainure circulaire (procédé encore utilisé en Afrique du Nord).

Les moulins à eau étaient connus des Romains, Vitruve en témoigne. Le principe en est identique à celui du moulin à vent, mais celui-ci n'apparut que plus tard en Europe. Le moulin à blé était constitué d'une tour quadrangulaire en bois, généralement du chêne, pivotant sur une base conique; on l'appelait moulin à *arbre*, à cause du lourd essieu de bois autour duquel il se mouvait; la tour contenait les meules, mises en mouvement par un jeu d'engrenages en bois dépendants des ailes. L'escalier extérieur était solidaire de la tour, et tournait avec elle. Plusieurs modèles de ce type existent dans l'est des Pays-Bas, où leur silhouette massive se dresse sur les hauteurs (Gueldre, Limbourg) (fig. 3).

D'autres moulins à blé, plus récents, plus imposants, ont été construits en pierre ou en brique; ici, seule la tête tourne selon le sens du vent, disposition que nous retrouverons avec les gros moulins de polder. Ils se dressent généralement au-dessus des maisons avoisinantes, afin de profiter au maximum de la force du vent, et certains possèdent plusieurs étages (Delft, Schiedam); une galerie circulaire en fait le tour à mi-hauteur, et permet de déplacer la roue qui, reliée par des arcs-boutants à la tête, entraîne celle-ci dans le sens du vent (fig. 4).

Mais on trouve bien d'autres types de moulins industriels, et une promenade dans la région de Zaandam se révèle fort instructive à cet égard : moulins à papier, à huile, à bois, à épices, etc. C'est au cours du XVIe siècle que se développèrent ces moulins d'industrie, malgré la résistance des corporations qui redoutaient le chômage. Installés de préférence au bord d'une voie d'eau, par laquelle ils recevaient facilement les matières premières, ils connurent au XVIIe siècle une incroyable prospérité : en ce « siècle d'or » de la Hollande, où la banque d'Amsterdam régnait sur le monde entier, où la richesse marchande des bourgeois néerlandais rendait Colbert jaloux, on ne comptait pas moins de 900 moulins, industriels et d'assèchement, autour de la capitale. Le pays de Zaandam devenait la terre légendaire des moulins et Pierre le Grand y venait étudier le travail du bois et la construction des navires. C'est en voyant Zaandam que Napoléon, peu prodigue de compliments, s'exclamait « Sans pareil ! ».

Les moulins à scier le bois, dont le premier remonte à 1592,

Fig. 5. — Type très ancien de moulin de polder, encore utilisé en Frise (Photo WAGRET).

étaient au début fixés sur des radeaux, afin de s'orienter facilement face au vent. Au XVIIe siècle fut mis au point le moulin *paltrok* (figure de la couverture); celui-ci était pourvu de huit scies verticales, fixées dans des porte-scies, et l'arbre à scier était mis en place automatiquement sur un chariot. Cette merveille d'ingéniosité obtenait un rendement élevé; ce fut un des plus beaux exemples de découverte de l'époque pré-machiniste, c'est-à-dire l'époque qui précéda la révolution industrielle des XVIIIe et XIXe siècles, marquée par l'utilisation du charbon et de la force de la vapeur. En se servant de la seule force éolienne, et avec des moyens artisanaux, les inventeurs du *paltrok* ont réalisé une véritable merveille technique. Le bois était importé des pays baltes et de la Scandinavie, tout comme aujourd'hui dans le port d'Amsterdam.

Le premier moulin à huile, édifié à Alkmaar vers 1580, broyait les graines sous de puissants pilons; certains de ces moulins fonctionnent encore. Les moulins à décortiquer traitaient les graines, particulièrement d'orge (pour la fabrication de la bière) et de riz; la plupart se dressèrent, à partir de 1660, autour de la localité de Koog-aan-Zaan. D'autres moulins râpaient le tabac à priser (il en subsiste deux près de Rotterdam), foulaient les étoffes, fabriquaient les cordages de chanvre pour la marine, ou bien préparaient le tan à partir de l'écorce de chêne.

Quant au moulin à papier, écoutons K. Boonenburg : « A l'origine, on ne fabriquait que des papiers gris et bleus. On connut de fort bonne heure le fameux papier vélin blanc de Hollande; mais il était fabriqué dans les moulins à eau du Veluwe, à l'est du pays, par des émigrés français. Ceux-ci durent fuir de nouveau en 1673 : une bonne partie d'entre eux s'établirent dans le district du Zaan, et se mirent à fabriquer du papier blanc dans les moulins à vent. Ils se servaient de chiffons comme matière première, et le produit obtenu était d'une telle qualité qu'on le recherchait beaucoup à l'étranger, en particulier comme papier d'imprimerie. »

Les moulins de polder. — Les moulins à grain, construits depuis l'an 1000 environ, restèrent longtemps seuls dans la campagne néerlandaise; toute la partie occidentale du pays, d'Utrecht à La Haye, était alors une région amphibie, au sol instable, recouvert par les inondations fréquentes. Cette zone de marécages fut progressivement asséchée, et, à partir du XIVe siècle, le problème se posa de maintenir cette conquête. Il ne suffisait pas d'avoir édifié des digues protectrices contre l'eau de mer et l'eau des fleuves; il importait également de chasser l'eau de pluie en excès et l'eau d'infiltration. Les roues à godets mues par les chevaux se montraient incapables de faire face à un tel travail. Alors naquit l'idée de se servir de la force du vent pour drainer l'eau des polders : le moulin « de polder » était inventé.

Le principe en est exactement le même que celui du moulin à blé; mais la force éolienne sert ici à élever l'eau qui est déversée dans un canal ceinturant le polder. Le type le plus

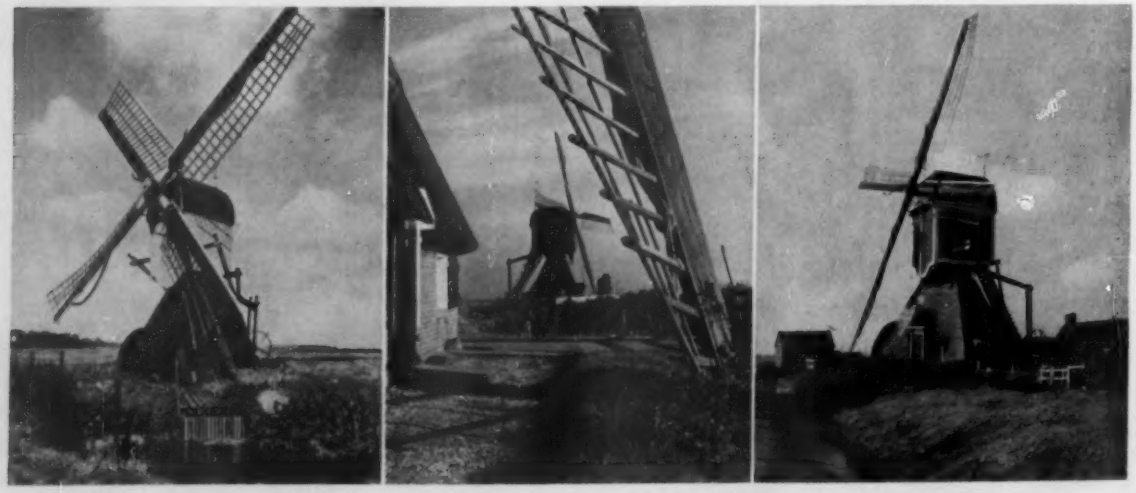


Fig. 6, 7, 8. — A gauche : Une « araignée » près de Leyde. — Au milieu et à droite : « Moulins à bascule » en Hollande méridionale.
(Photos Service d'information néerlandais)

Fig. 9. — *Un groupe de « weidemolen » près de La Haye ; niveau du polder : — 4 m.*
(Aéro-Photo Nederland).

simple, encore en service en Frise, ne comporte pas de maison d'habitation : l'eau est élevée le long d'une vis sans fin, et s'écoule dans un canal récepteur (fig. 5). Un autre type, appelé « araignée » (*spinnekop*), est répandu à la fois en Frise et en Hollande méridionale : assez petit, il n'est pas habité non plus (fig. 6). Plus complet apparaît le *wipmolen* (littéralement « moulin à bascule ») : sa forme reste celle d'une araignée géante; mais il sert d'habitation, et sa roue à godets mise en mouvement par le vent peut élever l'eau de plus de 1,50 m (fig. 7 et 8). La base a généralement une forme pyramidale : elle est recouverte de tuiles, de lattes de bois ou de chaume. Le corps, carré, pivote tout entier, selon le même système que celui du moulin à blé classique. Les plus grands *wipmolen* se trouvent tous en Hollande méridionale, et la disposition de leurs pièces est souvent ingénieuse. La roue à godets peut être cachée à l'intérieur, ou bien être installée à côté même du moulin (fig. 10).

Les *wipmolen* cependant, suffisants pour assécher de petits polders, ne pouvaient être assez puissants pour pomper l'eau des lacs et des étangs intérieurs. Aussi, lorsqu'au XVIIe siècle les Hollandais commencèrent à assécher de vastes étendues (Beemster, Purmer, Schermeer, etc.), fallut-il inventer autre chose : ce fut le grand moulin de prairie, *weidemolen*, appelé encore *grondmolen* (moulin à terre, par opposition au *korenmolen*, moulin à grain). La forme octogonale du *weidemolen* est caractéristique; il est construit en bois, recouvert de chaume, parfois de pierre. La tête est petite; elle seule pivote, grâce à des arcs-boutants qui la relient à la roue (fig. 9).

Il existe de nombreuses variantes du *weidemolen* : soit des moulins à six ou à douze pans au lieu de huit; soit des moulins de forme entièrement ronde; soit des moulins construits en briques (fig. 11). Mais les plus pittoresques sont incontestablement ceux qui sont recouverts de chaume, grisâtre ou bruni. De vives couleurs égaient les panneaux de bois (fenêtres, pou-

Fig. 10. — *Un « wipmolen » à roue extérieure.*
(Photo Service d'information néerlandais)

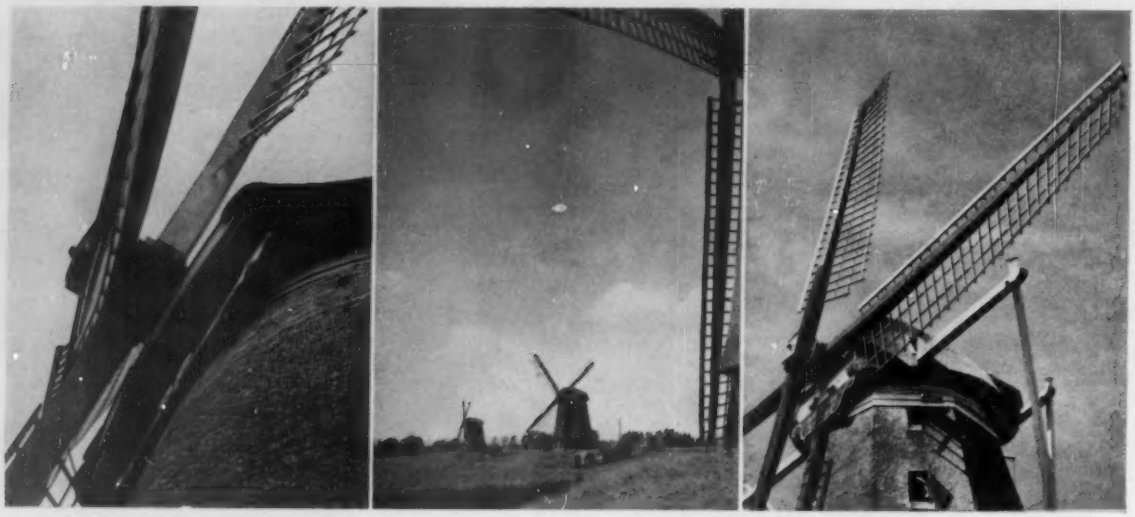


Fig. 11, 12, 13. — *A gauche :* ***Moulin de briques, près de Delft.*** — *Au milieu :* ***Batterie de « binnenkruier » à roue intérieure près d'Alkmaar, sur la digue du Schermeerpolder (Hollande septentrionale).*** — *A droite :* ***Moulin de Hollande méridionale daté de 1753 « De Valk » : le Faucon)*** *(Photos* WAGNET*).*

tres apparentes...). Signalons l'existence en Hollande septentrionale d'un type de moulin de prairie particulier, appelé « moulin à roue intérieure » (*binnenkruier*) : la roue qui sert à mettre le moulin contre le vent est en effet disposée ici à l'intérieur, au lieu de l'être à l'extérieur; la forme de ces *binnenkruier* est beaucoup plus massive que celle des autres moulins (fig. 12).

L'asséchement de la Hollande. — Jusqu'à l'utilisation de la machine à vapeur, les moulins furent seuls à pomper l'eau en excédent. C'est à eux que l'on doit la conquête, aux XVIIe et XVIIIe siècles, des polders de la région située entre Amsterdam et Alkmaar : les lacs intérieurs qui occupaient de vastes superficies dans ce secteur (Beemster, Purmer, Wormer...) (fig. 1) s'agrandissaient encore après chaque tempête; de plus, l'extraction de la tourbe pour les besoins des villes rongeait de plus en plus leurs rivages. Pour venir à bout de cette menace, capable de provoquer une catastrophe, il fallut l'habileté des ingénieurs jointe à l'esprit d'entreprise des capitalistes de l'époque.

Le Schermeer, par exemple, fut asséché en quelques années, après 1631, sur les plans du célèbre Leeghwater (dont le nom prédestiné signifie « vide l'eau »). Une surface totale de 4 700 ha fut complètement drainée, et divisée en quatorze secteurs d'environ 330 ha chacun; un moulin de polder était affecté à chaque secteur et envoyait l'eau en excès dans un bassin intérieur commun; de là, l'eau était de nouveau pompée et déversée dans un canal de ceinture dit *boezem*, grâce à une armée de 36 moulins à vent du type *binnenkruier*. Beaucoup de ces vieux travailleurs fonctionnent encore (fig. 12).

Quand le lac à assécher était assez profond, de l'ordre de 4 à 5 m, il était nécessaire de disposer toute une « batterie » de moulins : on commençait par en construire plusieurs sur la digue de ceinture, puis, au fur et à mesure que le niveau baissait dans le lac, on en installait d'autres plus bas; et ainsi de suite jusqu'au fond. Ainsi il existait toute une « chaîne » de moulins solidaires les uns des autres (fig. 14). Il n'était pas rare d'avoir recours à 50 ou 60 moulins en même temps. Leeghwater, prévoyant la conquête de la mer de Haarlem (qui ne fut réalisée qu'au XIXe siècle, par les machines à vapeur), avait élaboré un plan faisant appel à 160 moulins à vent ! L'eau du canal de ceinture enfin est évacuée dans la mer à marée basse, par tout un système d'écluses. Généralement, on groupe plusieurs polders de telle façon qu'ils forment un ensemble indépendant au point de vue hydraulique; leurs eaux excédentaires sont dirigées vers des réservoirs en liaison avec la mer ou les grands fleuves. Un organisme collectif contrôle l'exécution du travail : c'est le *waterschap*, qui possède une réglementation autonome, sous l'égide du *Waterstaat*, ou Ministère des Eaux.

La technique de construction des moulins n'a cessé d'être perfectionnée au cours des siècles. Au lieu d'être perpendiculaires au sol, on remarquera par exemple que les ailes font avec celui-ci un angle d'environ 10° ; c'est que le vent attaque le sol selon un certain angle, et l'inclinaison de 10° des ailes s'est révélée excellente pour faciliter leur mise en mouvement. De même, l'extrémité du gréement des ailes est légèrement incurvée, pour que le vent « morde » plus aisément. Les Hollandais, excellents marins, ont appliqué ici les techniques de construction des voiliers (fig. 7, 8, 10).

Au XIXe siècle, d'autres améliorations ont été apportées : les ailes ont quelquefois reçu un revêtement de plaques d'acier, afin de mieux être profilées; la résistance étant modifiée par un meilleur aérodynamisme, le moulin se met en marche plus rapidement. Une seconde aile a pu être ajoutée à la première, et placée juste en arrière de celle-ci. A l'intérieur, des machines plus modernes ont remplacé les anciennes roues à godets.

Le moulin à vent, en effet, risquait de se voir dépassé par la machine à vapeur et les moteurs électriques, indépendants de la force éolienne. Des pompes aspirantes ont asséché les polders du Zuiderzee, comme les pompes à vapeur avaient éliminé l'eau du Haarlemmeer, entre 1839 et 1852. Les entreprises actuelles, autrement gigantesques que celles des siècles passés, exigent

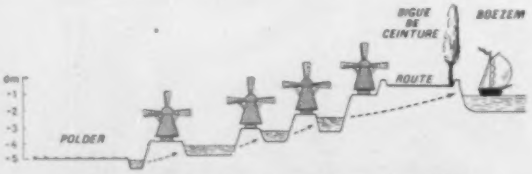


Fig. 14. — ***Schéma d'une « chaîne » de moulins.***

Fig. 15. — ***Le pays aux quinze moulins : Kinderdijk, près de Dordrecht*** (*Photo* Wagret).

une force motrice plus puissante que celle que fournit le vent. Le Zuiderzee aurait-il pu être conquis avec l'aide des seuls moulins à vent ? En admettant que cela eût été possible, combien de temps aurait-il fallu ?

Néanmoins, l'antique moulin à vent n'est pas condamné : même en ne tenant pas compte de l'élément pittoresque ou sentimental qu'il constitue, sa valeur économique n'est pas insignifiante. Beaucoup de moulins continuent à élever l'eau des petits polders, d'autres produisent du courant électrique aux heures creuses, courant qui est restitué quand le vent tombe au cours des heures de travail. L'avenir du moulin à vent n'est peut-être pas aussi sombre qu'il pourrait le paraître [1].

Moulins à vent et folklore. — La place que tenait le moulin à vent dans la vie quotidienne est attestée par de nombreux proverbes, que l'on retrouve en France comme en Hollande : « C'est du blé pour son moulin » a comme équivalent chez nous : « Apporter de l'eau à son moulin »; « Qui vient le premier, moud le premier »; « Il a reçu un coup d'aile de moulin » (il a un comportement étrange), etc. Le meunier est souvent plaisanté, et la littérature néerlandaise abonde en traits d'ironie à son endroit, notamment au sujet de son... manque de patience. Notre La Fontaine a, de son côté, moqué avec esprit « Le meunier, son fils et l'âne ». Outre-Pyrénées, Cervantes a campé Don Quichotte, juché sur Rossinante, s'en allant pourfendre des moulins à vent.

La décoration des moulins a toujours été très soignée. Les briques étaient peintes en vives couleurs, ou bien les poutres apparentes étaient sculptées. La « barbe » était particulièrement décorée : c'est une planche située juste au-dessous de la croix des ailes, et qui porte fréquemment une date, des personnages, des inscriptions variées... (fig. 13). Les couleurs employées allaient du jaune au rouge et au bleu; les angles étaient soulignés par une teinte différente. Les moulins en pierre sont généralement passés au lait de chaux, tandis que les volets sont verts ou rouges; les ailes sont peintes en deux tons (vert et rouge, blanc et bleu, jaune et brun-rouge).

Il existe un pittoresque langage des moulins, assez peu connu des non-initiés : grâce à ce mystérieux « code des ailes », les meuniers pouvaient communiquer entre eux. Lorsque les ailes sont disposées en forme de croix grecque (+), cela signifie que le moulin est prêt à fonctionner (fig. 9). Lorsque les ailes sont en forme de croix de saint André (×), cela veut dire au contraire que le moulin restera longtemps sans travailler (couverture et fig. 6). Si les ailes d'un moulin de polder sont ainsi disposées, c'est que le meunier proteste contre l'excès de végétation qui empêche l'eau de couler dans les fossés; il pourrait travailler davantage.

La joie se manifeste en plaçant les ailes un peu avant la position de la croix grecque (fig. 10) : le meunier a un fils, ou sa fille est fiancée. Par contre, si les ailes sont fixées un peu après (dans le sens des aiguilles d'une montre) (fig. 2), c'est signe de deuil; après chaque séance de travail, on replace les ailes dans cette position, qui peut durer assez longtemps. Quand un enterrement passe auprès du moulin, le meunier arrête celui-ci et place ses ailes en position de deuil; la face du moulin suit le convoi funèbre à travers la campagne jusqu'à ce qu'il ait disparu.

En cas de grande fête (mariage, fêtes de Pâques, etc.), il arrive que l'on ait recours à une décoration exceptionnelle : les ailes sont affublées de paniers, de cœurs, de guirlandes... Parfois même, on y dispose des figures en carton, représentant le soleil, des flèches d'amour, des anges musiciens, sans omettre le drapeau national rouge-blanc-bleu ! Le spectacle est rare; il est des plus curieux, particulièrement dans la vallée du Zaan, où se conservent la plupart de ces traditions.

*
* *

« De fossé en fossé, de canal en canal, de moulin en moulin, l'eau est élevée successivement... A la fin, si personne ne veut plus d'eau, ni pour amener la barque devant la porte, ni pour donner à boire aux vaches et aux tulipes, ni arroser les plates-bandes, ni pour faire nager les canards, ni pour faire reverdir les vergers, si personne ne veut absolument plus d'eau en Hollande, pour tout l'or du monde, alors le dernier moulin de la longue série de moulins ouvre l'écluse, et lâche l'eau dans le vaste océan... ». Ainsi s'exprime le voyageur portugais Ortegaõ, parcourant la Hollande vers 1880 (cité par K. Boonenburg). Sans moulins, les systèmes d'irrigation, de drainage, de navigation intérieure n'auraient plus de raison d'exister. Dans ce pays où l'eau est une force qu'il faut constamment surveiller, le moulin apparaît comme un ami fidèle et tutélaire. Depuis des siècles, sous leur aspect débonnaire, les vieux moulins hollandais continuent à protéger les hommes et les cités.

Paul Wagret,
Agrégé de l'Université.

1. Récemment un moulin à vent a été édifié au sommet d'une colline élevée des Orcades, au nord de l'Écosse ; il dispose d'une génératrice automatique de 100 kW ; le courant produit est destiné à l'électrification rurale. Une génératrice de 250 kW est à l'étude. Voir également : L'énergie du vent dans l'Aude, par P. Basiaux-Defrance, *La Nature*, 1er novembre 1945, p. 321.

L'industrie du gaz
et ses récentes transformations

Le 5 mars dernier, l'Administration des P.T.T. mettait en vente à Brachay, dans la Haute-Marne, un timbre à l'effigie de Philippe Lebon, que l'on peut considérer comme l'inventeur du gaz d'éclairage. C'est en effet dans ce village, où il naquit en 1767, que cet ingénieur des Ponts et Chaussées, déjà connu par ses travaux sur les machines à feu, constata vers 1790 la combustibilité du gaz résultant de la pyrogénation du bois et eut l'idée d'en tirer parti pour l'éclairage et le chauffage, puis pour le fonctionnement des moteurs à gaz, appareils qu'il devait décrire dans un brevet de 1801. Dès 1799, il obtenait un brevet pour son « thermolampe », meuble de ménage devant permettre le chauffage et l'éclairage des appartements et quatre ans plus tard, le 20 vendémiaire an X, il conviait les Parisiens à venir rue Saint-Dominique admirer l'illumination de l'Hôtel de Seignelay, éclairé au gaz avec cet appareil. Prophétique, il écrivait peu après à ses compatriotes : « Mes amis, je conduirai le gaz et je vous chaufferai et vous éclairerai de Paris à Brachay... ». Comme beaucoup d'inventeurs, Lebon ne devait pas connaître la joie de voir réaliser ses idées. Il mourait dans la misère le jour du sacre (2 décembre 1804) et le gaz ne devait acquérir droit de cité à Paris qu'en 1817, retour d'Angleterre...

En effet, vers la même époque, l'Écossais William Murdoch (1754-1839), inventeur remarquable mais le plus souvent ignoré [1] qui, en 1784, avait créé la première locomotive, imaginait d'utiliser pour l'éclairage le gaz résultant de la carbonisation de la houille. Après certains essais, qui remonteraient à 1792, il éclairait au gaz l'usine de Soho en 1802 et, bien que l'éclairage au gaz suscitât beaucoup de scepticisme, même chez des savants comme Davy, la première société gazière « London and Westminster Chartered Gas Light and Coke Company » voyait le jour en 1810. Le Moravien Winsor *alias* Winzer, qui, au courant des travaux de Lebon, avait tenté de concurrencer Murdoch, en fut l'un des directeurs, mais dès 1815, il reprenait sa liberté pour venir en France défendre la cause du gaz et en 1817 il éclairait au gaz le passage des Panoramas tandis qu'une autre entreprise illuminait le Palais du Luxembourg. Dès 1818, la première usine à gaz s'installait dans le quartier du Luxembourg et en juin 1819 les premiers réverbères au gaz apparaissaient au Carrousel et rue de Rivoli. Les difficultés financières rencontrées alors par les diverses entreprises gazières naissantes étaient toutefois très grandes et leur succès eût été sérieusement compromis si elles n'avaient trouvé auprès de Louis XVIII un appui chaleureux et... financier, qui leur rallia bien des hésitants.

La nouvelle industrie avait pour objet quasi exclusif l'éclairage public et les sociétés auxquelles fut concédé ce nouveau service public se proposaient essentiellement de produire et de distribuer un gaz répondant à certaines spécifications. La pyrogénation d'une tonne de houille fournit toutefois, à côté d'environ 350 m³ de gaz, près de 700 kg de coke dont une partie seulement est nécessaire au chauffage des cornues (environ 33 pour 100 pour les anciennes cornues) et les usines à gaz durent se préoccuper de la vente d'un sous-produit, le coke de gaz, dont le tonnage et la valeur n'étaient pas négligeables. Simultanément, l'élimination pure et simple des impuretés gênantes, goudrons, eaux ammoniacales, hydrogène sulfuré, devait progressivement faire place à la récupération de sous-produits intéressants (4 kg de goudron et 70 l d'eau ammoniacale par tonne de houille) qui étaient dirigés sur certains centres où ils étaient valorisés.

1. Son nom ne figure généralement pas dans les dictionnaires.

Du gaz d'éclairage au gaz de ville. — Le début du XXe siècle trouve l'industrie du gaz implantée dans la plupart des villes, où une ou plusieurs sociétés possèdent une ou plusieurs usines, construites selon un schéma à peu près partout identique, qui figure encore dans de nombreux manuels scolaires, comme type de l'usine à gaz moderne... que nous ne ferons que rappeler. La décomposition de la houille sous l'action de la chaleur, c'est-à-dire sa pyrogénation (et non sa distillation, comme on le dit généralement) était opérée dans des cornues dites « de distillation », à section hémi-elliptique, d'une capacité de 150 à 600 kg, groupées par 2, 3, 6 ou 9, dans un même four chauffé par une grille à coke ou mieux par des gaz de gazogènes. Le gaz produit passait successivement dans le barillet, dans les jeux d'orgue des condenseurs, dans des extracteurs, dans des dégoudronneurs à chocs, dans des laveurs standard à ammoniac et à naphtaline, dans les caisses d'épuration devant fixer l'hydrogène sulfuré et dans le gazomètre où il était stocké.

Le gaz d'éclairage avait déjà trouvé avant 1900 d'autres débouchés que l'éclairage public et grâce au développement des usages domestiques et industriels, qui à partir de cette date ont pris de plus en plus d'importance, la consommation de gaz d'éclairage, devenu « gaz de ville », a continué à progresser lorsque l'électricité s'est substituée au gaz pour l'éclairage. C'est ainsi qu'à Paris la consommation, qui était passée de 44 000 000 m³ en 1856 à 350 000 000 m³ en 1900, s'est élevée à 500 000 000 m³ en 1930. Quant à la production française, elle a atteint successivement 780 000 000 m³ en 1900, 1 milliard en 1912 et 2 milliards en 1938.

La substitution croissante des usages domestiques à l'éclairage public devait entraîner pour l'industrie du gaz une servitude dont on ne mesure généralement pas assez l'importance; l'usine à gaz doit être à même de satisfaire immédiatement toute demande de gaz, quelles que soient les fluctuations de la consommation. Cette servitude s'accroît au fur et à mesure de l'extension des utilisations ménagères du gaz et on saisira mieux le problème qu'elle pose aux techniciens chargés d'assurer la fabrication quand on aura vu, par un exemple concret et récent, comment dans une ville comme Paris, les variations de la consommation horaire du gaz, en reflétant le rythme de la vie citadine, sont importantes.

En janvier 1950, entre 6 et 9 h, la toilette et le petit déjeuner des Parisiens entraînaient une consommation horaire de gaz de 50 000 m³; entre 9 et 11 h, les besoins culinaires la faisaient passer à 170 000 m³ tandis que le déjeuner et le chauffage intensif des appartements à l'heure du repas lui faisaient atteindre 220 000 m³ vers 13 h; entre 13 h et 18 h, la consommation, correspondant au chauffage des appartements et des bureaux et à des usages industriels, retombait à 130 000 m³, mais bientôt, avec la préparation des repas du soir, elle se redressait pour atteindre à nouveau 220 000 m³ vers 21 h tandis qu'elle retombait à 40 000 m³ à 22 h.

On voit ainsi que la consommation horaire parisienne oscille en hiver entre 40 000 et 220 000 m³; des circonstances particulières, comme la préparation des crêpes pour la Chandeleur ou le mardi gras, y ajoutent brusquement vers 18 h de 30 à 40 000 m³.

En été, les fluctuations sont naturellement plus faibles et c'est ainsi qu'en juin 1950, la consommation horaire oscillait généralement entre 40 000 et 140 000 m³; mais deux jours de congé consécutifs, comme ceux de la Pentecôte, faisaient tomber les maxima d'émission à 70 000 m³.

Gênantes, ces fluctuations journalières ou saisonnières sont

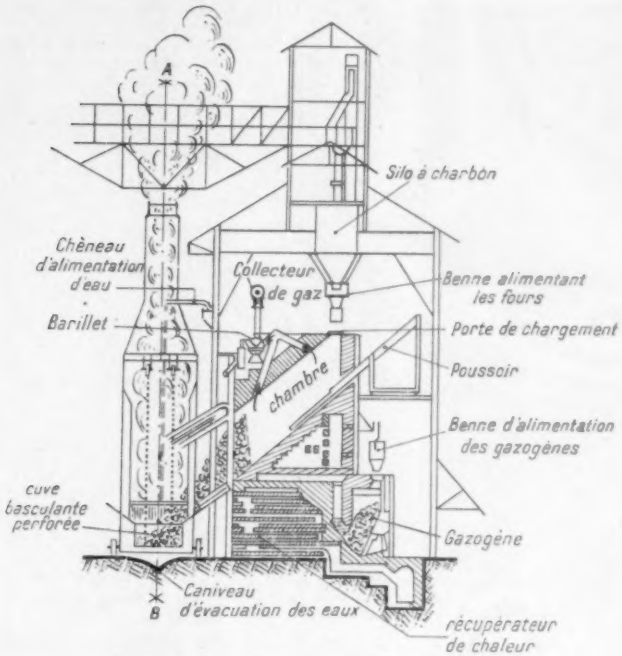


Fig. 1. — *Coupe d'un four à chambre inclinée.*
En réalité, les installations comportent deux lignes de fours, symétriquement construits par rapport à l'axe AB.

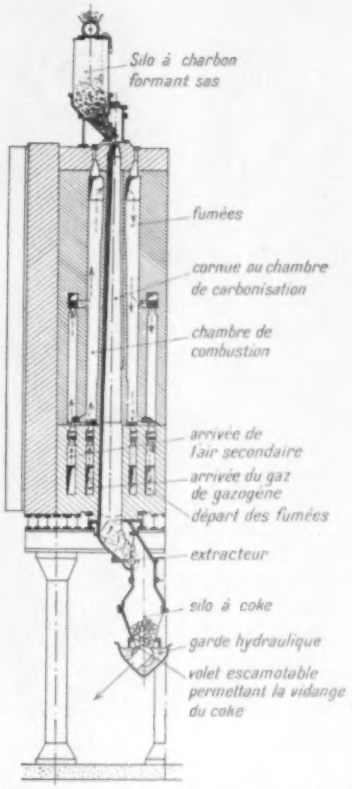


Fig. 2. — *Four Woodall-Duckham avec cornue verticale continue.*

toutefois prévisibles. L'emploi de plus en plus répandu du chauffage au gaz entraîne lors des brusques changements de température des variations plus graves parce que plus difficiles : une baisse de 10 degrés en deux jours correspondait en effet, en 1952, à des augmentations journalières de consommation de 70 000 m³ de gaz par degré et par jour.

C'est pour être à même de parer à de telles variations, auxquelles le stockage en gazomètre ne saurait satisfaire, que les gaziers ont été amenés à se préoccuper de la souplesse de leurs moyens de production, c'est-à-dire de l'aptitude d'une installation à faire varier rapidement sa production dans de larges limites. Ce souci de la souplesse, joint à la nécessité d'accroître la capacité de production des appareils, tout en mécanisant le plus possible leur fonctionnement, a présidé à la mise au point des diverses cornues ou chambres qui, dans un but de modernisation, se sont généralement substituées entre les deux guerres aux cornues horizontales classiques.

Évolution de l'industrie du gaz entre les deux guerres. — Les cornues, construites initialement en briques ordinaires, puis plus récemment en briques de silice, meilleures conductrices de la chaleur, avaient le gros avantage de permettre la carbonisation de leur charge en 6 h, de telle sorte que la mise en route d'un certain nombre d'entre elles aux heures de pointe permettait sans difficulté de franchir celles-ci. Ceci explique qu'en 1939 on trouvait encore des usines nouvellement équipées avec de telles cornues, munies toutefois de systèmes de chargement et de déchargement mécaniques.

Elles faisaient pourtant de plus en plus place à des appareils de plus grande capacité : chambres verticales de 1 à 4 t, ou chambres inclinées de 6 t (fig. 1), caractérisées par des durées de carbonisation plus longues (8 à 24 h) mais exigeant une consommation plus faible de coke pour leur chauffage (environ 20 pour 100 du coke produit) et dans lesquelles le chargement de la houille et le déchargement du coke étaient considérablement facilités. Ces appareils présentaient sur les cornues le grand avantage d'accroître la production de gaz par tonne de houille en permettant de procéder, en fin de carbonisation et dans la cellule même, à la gazéification d'une partie du coke produit, par injection de vapeur d'eau.

Le pouvoir calorifique du gaz normalement obtenu par simple pyrolyse étant nettement supérieur à celui imposé par le cahier des charges (4 500 cal avant-guerre, 4 200 actuellement), on peut en effet, sans difficulté, diluer ce gaz avec le gaz à l'eau, de pouvoir calorifique plus faible (2 500 cal), qui résulte de cette injection de vapeur sur le coke au rouge.

L'emploi de cornues verticales continues (fig. 2) dans lesquelles l'extraction continue du coke à la partie inférieure, à l'aide d'un extracteur, entraîne la descente et la carbonisation progressive de la houille chargée à la partie supérieure, correspondait à une économie plus poussée de main-d'œuvre en même temps qu'elle résolvait d'une façon rationnelle le problème de l'extinction du coke par l'envoi de vapeur d'eau sur le coke chaud. On produisait là encore du gaz à l'eau, venant s'ajouter au gaz de pyrolyse, tandis que la vitesse d'extraction réglable, en permettant de faire varier la durée de carbonisation du charbon entre 8 et 24 h, donnait à ces installations une grande souplesse et les rendait capables de s'adapter dans une certaine mesure aux fluctuations de la consommation.

La mise au point de gazogènes modernes, d'une grande souplesse et dont le fonctionnement est quasi automatique, a été mis à profit par les gaziers, non seulement pour préparer le gaz pauvre, nécessaire au chauffage des fours, mais aussi pour

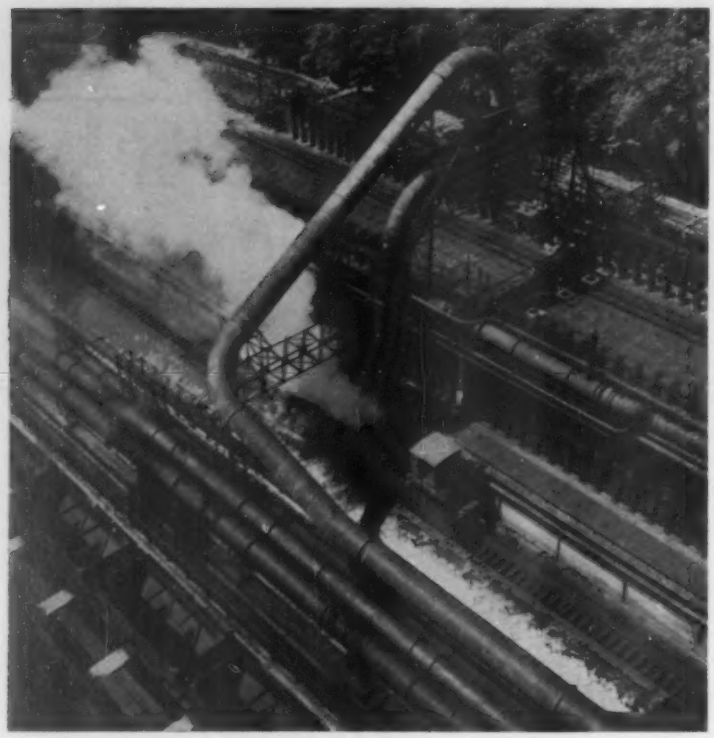


Fig. 3. — *Fours à coke d'une cokerie gazière à Gennevilliers.*
(*Photo* Craven ; *Gaz de France*).

l'installation de *lignes de gaz à l'eau*, permettant de préparer le gaz à l'eau qui, additionné au gaz de carbonisation, ramène le pouvoir calorifique de celui-ci à la valeur minimum imposée par les cahiers des charges. Le faible pouvoir calorifique du gaz à l'eau ne permettant toutefois d'ajouter qu'une proportion limitée de ce gaz au gaz des cornues, on a été amené à l'enrichir par « carburation », c'est-à-dire à lui ajouter les produits de pouvoir calorifique élevé qui résultent du craquage de gas oil ou de distillats paraffineux. Ce craquage s'opère facilement dans des gazogènes convenablement adaptés. Ceux-ci permettent de gazéifier une plus grande quantité de coke qui, ne l'oublions pas, ne constitue en usine à gaz qu'un sous-produit, et ils accroissent donc considérablement la capacité de production de l'usine à gaz. On pratique ainsi en deux temps une véritable gazéification intégrale de la houille (voir plus loin) et, comme la production de ces appareils est susceptible de varier dans des limites assez larges, ils facilitent par leur souplesse le passage des pointes.

C'est également pendant cette période d'entre les deux guerres qu'un pont a été jeté entre deux industries jusqu'alors essentiellement distinctes : l'industrie gazière et celle du coke.

Le coke métallurgique, utilisé dans le haut fourneau comme combustible et comme agent chimique réducteur, résulte lui aussi de la carbonisation de la houille. L'usine à gaz et la cokerie utilisaient toutefois jusqu'ici des qualités de houille essentiellement différentes. En usine à gaz, on emploie pratiquement des houilles à gaz, caractérisées par des indices de matières volatiles élevés (30 à 40 pour 100), mais on peut produire du gaz à partir des diverses houilles; par contre, seules les houilles à coke dont les indices de matières volatiles sont compris entre 18 et 27 pour 100 sont susceptibles de fournir un coke dont la résistance mécanique soit compatible avec son utilisation dans le haut fourneau. Ajoutons toutefois que, depuis quelques années diverses techniques ont été mises au point en France afin d'utiliser les houilles de Lorraine, théoriquement non cokéfiables, pour la préparation du coke métallurgique.

Jusqu'à la fin du XIXe siècle, le coke métallurgique était presque exclusivement obtenu dans des meules ou dans des fours où la combustion d'une partie de la houille mise en meule ou enfournée dégageait suffisamment de chaleur pour carboniser le reste. Ce n'est que vers cette époque que, s'inspirant de la technique des gaziers, on procéda à la carbonisation en vase clos en recueillant les gaz d'une composition pratiquement identique à celle du gaz de ville : chaque cokerie devenait ainsi une grosse usine à gaz. Le gaz ainsi produit, considéré par les cokiers comme un sous-produit, ne servait au début qu'au chauffage des fours, l'excédent étant brûlé à la torche. On comprit bientôt l'intérêt qu'il y avait à réserver ce gaz riche pour d'autres emplois et on lui substitua pour le chauffage des fours, soit du gaz pauvre dans les cokeries houillères, installées sur le carreau des mines, soit du gaz de haut fourneau dans les cokeries métallurgiques, construites au voisinage des hauts fourneaux.

La plupart de nos cokeries qui, du fait des dévastations de la guerre de 1914, durent être reconstruites après 1918, adoptèrent cette politique et disposèrent ainsi de volumes considérables de gaz, susceptibles d'être utilisés soit comme source d'hydrogène dans les usines de synthèses chimiques, soit comme gaz de ville, distribué par les sociétés gazières.

Le transport du gaz à distance entrevu par Lebon devenait une réalité et des réseaux de transport de gaz (n'ayant rien de comparable quant à leur importance à ceux qui existent en Allemagne ou aux États-Unis) furent aménagés dans le bassin du Nord et dans les régions de Nancy et de Saint-Étienne.

Simultanément, les gaziers installèrent à Paris (Gennevilliers), à Strasbourg et à Toulouse, c'est-à-dire dans des agglomérations qui possédaient des industries métallurgiques et mécaniques importantes, des *cokeries gazières* (fig. 3), c'est-à-dire de grosses usines à gaz ayant la double préoccupation de fabriquer du gaz de ville et un coke utilisable par ces industries.

Dans l'industrie du gaz, le phénomène de concentration, caractéristique de la grande industrie chimique, s'était plus manifesté sur le plan financier que sur le plan technique. La distribution du gaz était en effet généralement concédée dans chaque ville à une société disposant d'une ou plusieurs usines et dans certaines villes comme Rouen, deux sociétés se partageaient la production et la distribution du gaz. Mises à part quelques grandes installations comme celles qui existaient à Paris et dans certaines grandes villes, on ne pouvait guère parler de concentration et un très grand nombre de petites usines étaient restées au stade de l'artisanat. On comptait en effet en France, en 1939, 546 exploitations de gaz réparties en 200 compagnies et, fait qu'il convient de souligner, les 290 plus petites usines, soit 53 pour 100 des usines existantes, ne participaient que pour 4 pour 100 à la production totale de gaz.

Les circonstances politiques et économiques d'après-guerre allaient mettre fin à cette situation un peu paradoxale, en même temps qu'elles allaient dans une certaine mesure sonner le glas pour l'usine à gaz classique.

L'industrie du gaz après la deuxième guerre mondiale. — L'élément déterminant de la véritable révolution que devait subir l'industrie du gaz a été la loi de nationalisation du 8 avril 1946 qui, en dégageant cette industrie du plan local pour la situer sur le plan national, tout en tenant compte des possibilités économiques et des besoins de chaque région, allait permettre de prévoir un programme d'ensemble, d'arrêter les petites exploitations et de moderniser les grandes usines, rendant ainsi possible la concentration technique jusqu'alors inexistante.

La destruction par les bombardements d'un très grand nombre d'usines à gaz allait contribuer à cette révolution. En effet, dès 1945, on fut amené à remédier rapidement au manque de gaz que connaissaient de nombreuses localités, soit par l'essai de techniques nouvelles (distribution de gaz porté, d'air propané ou de propane craqué), soit par le groupement d'un certain nombre de centres de fabrication, et un certain nombre d'usines qu'on aurait vraisemblablement hésité à fermer en temps normal ne furent pas reconstruites.

L'industrie du gaz devait enfin tenir compte du développement de l'exploitation du gaz naturel depuis la guerre et de l'extension, certaine dans l'avenir, de l'industrie du raffinage et de nos charbonnages de Lorraine. C'est en fonction de ces divers facteurs qu'ont été créées sept régions gazières, dont les activités adaptées aux possibilités régionales sont assez différentes.

Les cokeries houillères de la région du Nord doivent suffire à la production du gaz dans cette région.

Dans l'Est, la cokerie gazière de Strasbourg satisfera les besoins en gaz de l'Alsace et d'une partie de la Lorraine, tandis que les cokeries houillères et métallurgiques du bassin sarrolorrain, tout en assurant l'approvisionnement en gaz du reste de la Lorraine, expédieront un volume considérable de gaz sur Paris.

Dans la région parisienne, dont le réseau de distribution s'étend actuellement jusqu'à Auxerre, Étampes, Mantes, Creil et Meaux, cinq exploitations gazières sont actuellement en activité : les usines de Gennevilliers, de Villeneuve-la-Garenne, du Cornillon, d'Alfortville et de Clichy, mais seules les quatre premières seront maintenues en service.

Rouen et Nantes constituent les centres principaux de la région Ouest tandis que la région Centre-Est dispose des cokeries de Saint-Étienne et que la région Centre-Ouest a pour centres producteurs essentiels les usines de Tours, de Limoges et de Vierzon.

Dans la région Sud-Ouest, le gaz naturel doit progressivement se substituer au gaz de houille et un réseau de distribution déjà important rayonne de Saint-Marcet (Boussens) vers Tarbes, Pau et Pierrefitte, vers Saint-Girons, vers Toulouse et Bordeaux (fig. 4).

Enfin, la région du Sud-Est, avec Marseille comme centre principal, a la possibilité d'utiliser pour la production du gaz de ville certains produits pétroliers disponibles dans les raffineries de la région de Berre.

Grâce à ce programme, déjà en cours de réalisation, le charbon n'est plus la seule matière première. Le Gaz de France qui travaille en liaison avec les charbonnages, la sidérurgie et l'industrie du pétrole, utilise également le gaz naturel, les produits pétroliers et les gaz de cokerie.

Le gaz naturel exploité jusqu'ici à Saint-Marcet sera bientôt également produit à Lacq.

Le gisement de Saint-Marcet, découvert en 1939, a fourni jusqu'ici plus de 2 milliards de mètres cubes de gaz. La production a atteint 268 000 000 m³ en 1954; 52 pour 100 en ont été utilisés par l'industrie (notamment par l'industrie chimique comme source d'hydrogène), 29 pour 100 pour la production de gaz de ville et 10 pour 100 comme gaz carburant.

Ce gaz qui, après désensenciement à l'usine de Boussens, est

Fig. 4. — ***Réseau de transport de la Régie autonome des pétroles distribuant le gaz naturel de Saint-Marcet et exploitations alimentées en gaz naturel en 1954.***

constitué par du méthane presque pur, a un pouvoir calorifique de 9 500 cal environ, et il ne peut alimenter les appareils d'utilisation prévus pour le gaz de ville qu'après modification des brûleurs ; plutôt que de changer les appareils, on préfère soumettre le gaz naturel à une « conversion », opération qui consiste à envoyer sur un catalyseur convenable porté à 750° un mélange de gaz naturel et de vapeur d'eau et qui fournit un volume plus considérable d'un mélange gazeux (oxyde de carbone, hydrogène, méthane et azote) d'un pouvoir calorifique voisin de 3 000 cal, qu'on enrichit par addition de gaz naturel.

Le développement de l'industrie de raffinage, en augmentant nos ressources en sous-produits disponibles, gaz condensables d'une part, mazout d'autre part, a conduit les gaziers à utiliser

Fig. 5. — ***Raffineries françaises et exploitations alimentées exclusivement en propane en avril 1954.***

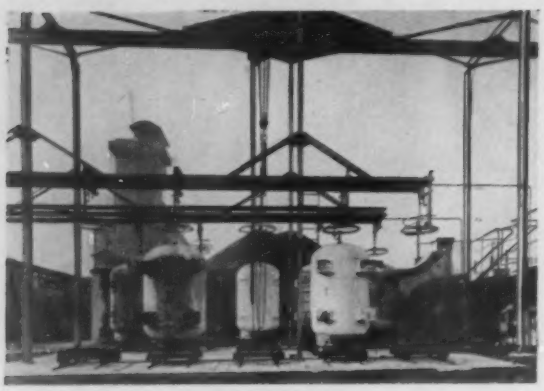


Fig. 6. — *Réservoirs de propane dits « containers » et portique de manutention pour chargement sur chemin de fer (Châteauroux).*
(Photo Gaz de France).

ces produits comme matières premières du gaz et, en 1953, 86 000 t de produits pétroliers, dont 8 000 t de propane, ont été converties en gaz de ville (fig. 5 et 6).

Dans certaines petites exploitations dont l'usine a été arrêtée, on distribue du propane dont le pouvoir calorifique s'élève à 24 000 cal, mais cela exige la construction d'un réseau neuf, spécialement prévu pour cet usage et l'emploi d'appareils d'utilisation également adaptés à ce gaz, particulièrement riche. Dans les réseaux plus importants on préfère distribuer soit de l'air propané [mélange d'air (2,7 volumes) et de propane (1 volume) d'un pouvoir calorifique sensiblement égal à 6 500 cal], soit du « propane craqué », c'est-à-dire le gaz qui résulte de la conversion autothermique du propane, opération qui transforme le propane, grâce à une combustion incomplète, en un mélange d'oxyde de carbone, d'hydrogène et d'azote, qu'on amène ensuite au pouvoir calorifique voulu par addition de propane pur.

L'usine à gaz de Cahors, fonctionnant comme usine pilote, a montré d'autre part, par les résultats qu'elle a obtenus, tout l'intérêt que pouvait présenter le craquage du mazout pour la production du gaz de ville.

Le charbon reste néanmoins la matière première essentielle de l'industrie du gaz, et les gaziers, loin d'abandonner le charbon comme matière première, non seulement modernisent leurs cokeries (Le Cornillon) ou en construisent de nouvelles (Alfortville) mais se préoccupent de la mise au point de nouvelles méthodes : application à la carbonisation du charbon de la technique de la fluidification, très employée dans l'industrie du pétrole, et réalisation de la gazéification intégrale qui consiste à effectuer dans un même appareil la carbonisation de la houille et la gazéification totale du coke résultant.

Il convient enfin de noter que le gaz de ville, qui avant 1914 provenait uniquement de charbons à gaz, est obtenu de plus en plus comme sous-produit du coke métallurgique.

Ce fait doit être souligné car en France, seul grand pays industriel dont la production de houille est insuffisante (production de l'ordre de 55 millions de tonnes pour une consommation de l'ordre de 75 millions), le déficit en houille n'est pas seulement un déficit de quantité mais aussi un déficit de qualité. Étant donné notre faible production de houilles à coke et la nécessité qui en résulte d'importer des fines à coke, notre industrie de la cokerie n'a pas connu le développement qu'au-

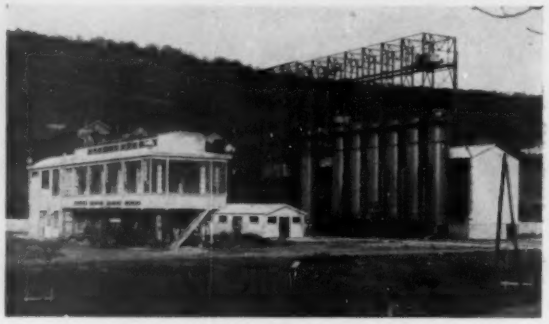


Fig. 7. — *Poste de compression sur la conduite de transport du gaz de l'Est, à Neuves-Maisons.*
(Photo Axané, Nancy ; Gaz de France).

rait exigé normalement notre sidérurgie. Grâce à la mise au point de techniques qui rendent possible l'emploi des charbons lorrains et à la liaison entre l'industrie du gaz et les industries houillère et métallurgique qui permettra aux cokeries d'écouler leur gaz, cette situation va se modifier profondément et notre capacité de carbonisation, qui ne dépassait pas 12 000 000 t en 1938, doit bientôt atteindre 15 000 000 t.

Cette collaboration entre les cokeries et l'industrie du gaz exige toutefois la construction d'un réseau de transport de gaz particulièrement développé; il est en cours d'exécution, comme le prouve la mise en exploitation de la conduite de transport de l'Est, amenant le gaz de la Sarre à Paris (fig. 7, 8 et 9).

Ce mode de production manque toutefois de souplesse et, afin de pouvoir parer aux fluctuations de consommation sur lesquelles nous avons insisté, les gaziers ont été amenés à envisager l'utilisation du stockage souterrain (voir *La Nature*, juillet 1955, p. 272), déjà appliqué aux États-Unis. Les résultats des sondages entrepris laissent prévoir l'équipement d'un réservoir souterrain à Beynes, dans la région parisienne.

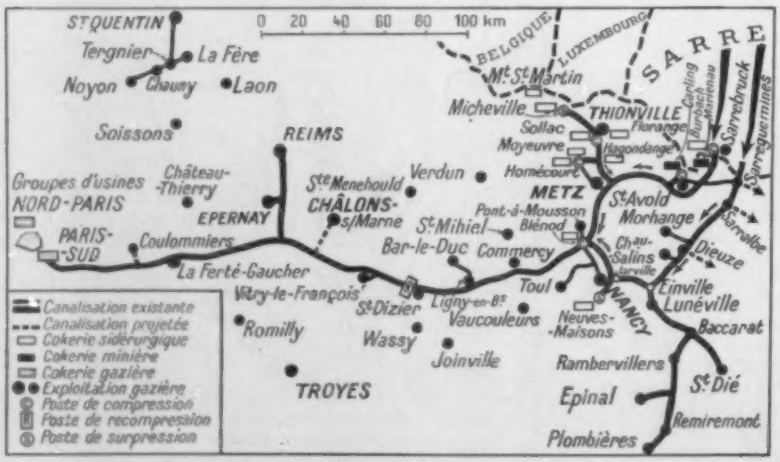


Fig. 8. — *Réseau de transport du gaz de l'Est.*

L'usine à gaz classique disparaît donc bien peu à peu et le gaz distribué par le Gaz de France n'a plus la composition standard que présentaient les gaz fabriqués dans les 546 usines de 1939. Cela a posé de nombreux problèmes techniques dont le principal semble être le suivant : en présence des nombreux gaz que l'on est à même de fabriquer, dans quelle mesure un gaz est-il substituable à un autre ?

Sur le plan économique, les transformations techniques que nous venons d'analyser doivent conduire à des résultats intéressants. En s'associant aux cokeries et aux raffineries, l'industrie du gaz doit aider au développement de ces dernières tout en augmentant considérablement sa production, ainsi que l'exige une consommation croissante et susceptible de se développer considérablement.

L'application du programme établi, qui doit faire passer le nombre des usines à 290, contre 546 en 1938, a déjà porté ses fruits. Entre 1947 et 1953, 120 usines ont été éteintes, tandis que la production de gaz, qui était de 2,1 milliards de m³ en 1938, atteignait 2,7 milliards de m³ en 1947, 3,2 milliards en 1952, 3,45 milliards en 1953, et que le développement du réesau de distribution permettait de voir croître le nombre des abonnés de 4 972 000 en 1948 à 5 454 000 en 1953.

Simultanément, les usines à gaz accroissaient leur productivité puisque le tonnage de houille enfourné passait de 223 à 483 t par ouvrier et par an.

Conclusion. — Nous venons de voir que l'industrie du gaz, qui avait connu pendant longtemps une évolution assez lente, subit depuis quelques années des transformations profondes dont nous avons tenté de saisir les tendances. Nous ne saurions pourtant pas assurer qu'elle ne connaîtra pas, par la suite, une révolution encore plus profonde. La prospection pétrolière, qui depuis la guerre est conduite en France sur une grande échelle, rend possible la découverte de gisements de gaz naturels importants qui transformeraient entièrement nos possibilités énergétiques.

A notre époque, il ne suffit plus d'ailleurs de considérer uniquement les problèmes technico-économiques sous l'angle purement national, et le développement de l'industrie pétrolière du Moyen-Orient peut également apporter de profonds bouleversements dans ce domaine. On avait envisagé il y a quelques années de construire une conduite de transport qui amènerait en Europe les gaz de ces gisements remarquables. S'inspirant des nouvelles techniques américaines qui consistent à transporter à Chicago par péniches les gaz naturels du Texas, simplement liquéfiés, Français et Anglais étudient l'importation des gaz du Moyen-Orient en France et en Grande-Bretagne par une technique analogue.

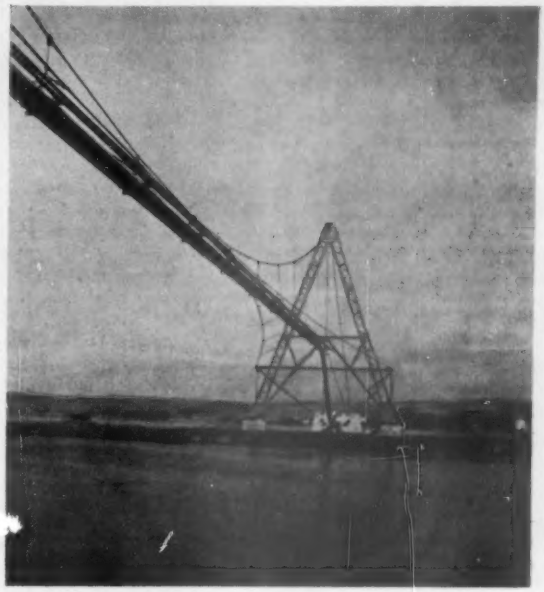


Fig. 9. — ***Traversée de la Meuse, à Ville-Issey, par la conduite de transport du gaz de l'Est.***
(Photo Gaz de France).

Si une telle réalisation se montre économiquement possible, l'usine à gaz risque de n'être bientôt plus qu'un vieux souvenir...

Henri Guérin,
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

Les papiers laissés par Réaumur
et le septième volume de l'Histoire des Insectes

On sait que le grand Réaumur est mort, en 1757, avant d'avoir achevé la publication de ses célèbres *Mémoires pour servir à l'Histoire des Insectes*. Un septième volume, qui était impatiemment attendu par ses contemporains, était presque achevé depuis de nombreuses années, et tous les admirateurs de l'illustre naturaliste s'étonnèrent qu'on ne s'empressât pas de mettre au jour les ouvrages qu'il avait laissés. Enfin, tout près de 200 ans après sa mort, nous voici en possession de l'œuvre complète sur les Insectes. Déjà, en 1926, le professeur Wheeler avait procédé, à New-York et à Londres, à la publication d'une partie de ce qui devait faire le septième volume, à savoir l'*Histoire des Fourmis*, avec une traduction en anglais. En 1928, une édition française en était donnée par les professeurs Bouvier et Charles Pérez [1]. Presque à la même époque, MM. Lesné et Picard mettaient en ordre et annotaient l'*Histoire des Scarabés* (sous ce nom Réaumur entendait tous les Coléoptères) et le professeur Maurice Caullery, de l'Académie des Sciences, après une étude soigneuse des manuscrits de Réaumur conservés à l'Académie, rédigeait une substantielle étude qui servait d'introduction à toutes ces publications. Ces deux derniers ouvrages viennent seulement d'être publiés [2]. Ce sont des enrichissements considérables pour l'histoire des sciences et qui appellent d'autres publications et d'autres tra-

1. *Histoire des Fourmis*, par M. de Réaumur. Introduction de E. L. Bouvier, avec notes de Charles Pérez. 1 vol., 116 p., portrait. Paul Lechevalier, Paris, 1928.

2. *Histoire des Scarabés*, par M. de Réaumur. Mise en ordre et notes par P. Lesne et F. Picard. 1 vol. 22,5×28, 460 p., 21 planches, 1955. — *Les papiers laissés par Réaumur et le tome VII des Mémoires pour servir à l'Histoire des Insectes*, par Maurice Caullery. 1 vol. 16,5×25, 63 p. Paul Lechevalier, Paris, 1955. Prix des deux volumes : 6 500 F.

vaux. On souhaite que les inédits de Réaumur qui subsistent soient publiés et annotés avec autant de compétence et de soin.

Nous connaissons maintenant les raisons pour lesquelles Réaumur n'a point achevé de son vivant la publication des Mémoires sur les Insectes. C'est que cet esprit prodigieux, d'une extraordinaire activité jusque dans l'âge le plus avancé, était trop occupé par d'autres travaux et d'autres projets. Les manuscrits qu'il a laissés à l'Académie des Sciences comprennent un nombre énorme de notes et de mémoires qui, au moment de sa mort, étaient en cours de rédaction sur les sujets les plus divers, principalement en histoire naturelle. Réaumur s'est intéressé à tous les groupes d'animaux et dans un esprit tout à fait moderne, car non seulement il envisageait en même temps leur anatomie, leur classification, leurs mœurs, mais aussi leur physiologie et leur développement; et il a conçu et réalisé nombre d'expériences très précises, principalement sur la digestion et sur les phénomènes de régénération. On peut en croire l'éminent biologiste qu'est M. Maurice Caullery quand il nous dit que les notes et dessins qui concernent le développement de l'œuf de grenouille et du têtard sont si minutieusement exacts qu'ils pourraient figurer dans un traité d'embryologie actuel.

Mais l'intérêt se concentre surtout sur ceux des manuscrits qui étaient presque achevés pour la publication. Outre le septième volume des Insectes, ce sont trois ouvrages dont tous les éléments sont rassemblés : une *Histoire des Arts* (y compris la Chimie, les machines et inventions diverses), un *Traité d'Ornithologie*, et un ouvrage sur les cabinets d'histoire naturelle.

A propos de l'*Histoire des Arts*, on sait que Réaumur a été victime d'un véritable abus de confiance, les magnifiques planches qu'il avait fait graver (aux frais du roi, d'ailleurs) pour cet ouvrage ayant été utilisées à son insu pour l'*Encyclopédie*. La façon dont il accueillit ce mauvais coup démontre l'excellence de son caractère. Le *Traité d'Ornithologie*, en cours de rédaction depuis 15 ans, ne l'aurait cédé en rien, semble-t-il, aux mémoires sur les Insectes. Quant à l'ouvrage sur les cabinets d'histoire naturelle, il était directement lié au précédent, car il traitait principalement de la préparation et de la conservation des collections d'oiseaux. Réaumur avait réuni une des plus belles collections, sinon la plus belle qu'on pût alors admirer en Europe, et dans l'intention d'en faire profiter le public. Après sa mort, elle fut transférée au Jardin du Roi et Buffon la mit à profit pour sa propre *Histoire naturelle*.

A ce propos, M. Maurice Caullery fait observer que Réaumur semblait bien mieux préparé que Buffon pour occuper le poste d'intendant du Jardin du Roi. Sa façon de concevoir l'histoire naturelle était beaucoup moins littéraire et, disons le mot, beaucoup plus scientifique que celle de son rival. Mais Réaumur ne songeait qu'à servir la science et non à se pousser. On ne peut dire que Buffon a usé de son influence pour empêcher la publication des manuscrits laissés par Réaumur; il paraît au moins vraisemblable qu'il n'a rien fait pour y aider. C'est certainement Réaumur qu'il voulait atteindre quand il écrivit : « Une mouche ne doit pas tenir plus de place dans la tête d'un naturaliste qu'elle n'en tient dans la nature ». Réaumur est un de ceux qui nous ont appris au contraire quelle place les espèces les plus infimes doivent avoir dans nos préoccupations.

Dans sa courte étude, M. Caullery nous montre un Réaumur plus proche de nous encore qu'on ne le supposait. Dans presque tous les domaines de la biologie, il a été plus qu'un précurseur, un maître qui a suscité d'innombrables disciples dans tous les pays, et qui a fait plus qu'aucun autre savant de son temps pour l'établissement d'une bonne méthode scientifique, pour le progrès des connaissances et pour leur diffusion. Et en le mettant à sa place, la première de son temps, comme naturaliste, il ne faut pas oublier tout ce qu'il a apporté à la physique et à l'industrie.

P. O.

LE CIEL EN JANVIER 1956

SOLEIL : du 1er au 31 sa déclinaison croît de — 23°6′ à — 17°27′ ; la durée du jour passe de 8^h16^m le 1er, à 9^h18^m le 31 ; diamètre apparent le 1er = 32′35″,1, le 31 = 32′31″,3. — **LUNE** : Phases : D. Q. le 4 à 22^h41^m, N. L. le 13 à 3^h1^m, P. Q. le 20 à 22^h58^m, P. L. le 27 à 14^h40^m ; *apogée* le 11 à 8^h, diamètre app. 29′24″ ; *périgée* le 26 à 13^h, diamètre app. 33′19″. Principales conjonctions : avec **Jupiter** le 1er à 23^h, à 6°33′ S. ; avec **Neptune** le 6 à 10^h, à 5°47′ S. ; avec **Mars** le 8 à 11^h, à 2°25′ S. ; avec **Saturne** le 8 à 18^h, à 3°35′ S. ; avec **Mercure** le 14 à 22^h, à 4°27′ N. ; avec **Vénus** le 16 à 9^h, à 7°3′ N. ; avec **Uranus** le 27 à 6^h, à 4°18′ S. ; avec **Jupiter** le 29 à 6^h, à 6°28′ S. Principales occultations : le 5, de *370 B. Vierge* (mag. 6,0), émersion à 2^h58^m,1 ; le 16, *de 51 Verseau* (mag. 5,8), immersion à 18^h27^m,7 ; le 23, de *22 H1 Taureau* (mag. 6,0), immersion à 0^h34^m,2 ; le 30, de *55 Lion* (mag. 6,0), émersion à 4^h8^m,5. — **PLANÈTES** : **Mercure**, dans le *Capricorne*, se montre dans le crépuscule autour du 15, se couche le 13 à 17^h56^m, soit 1^h40^m après le Soleil et devient invisible à la fin du mois ; **Vénus**, dans le *Verseau*, est visible comme une belle étoile du soir, se couche le 13 à 19^h9^m, soit 2^h53^m après le Soleil ; **Mars**, dans la *Balance*, puis le *Scorpion*, est bien visible le matin, se lève le 13 à 3^h45, soit 4^h avant le Soleil ; **Jupiter**, splendide, brille toute la nuit, rétrograde et se situe au N de *Régulus* à la fin du mois, diamètre pol. app. le 13 : 40″,4 ; **Saturne**, dans la *Balance* se montre le matin, se lève le 25 à 2^h59^m, diamètre pol. app. 14″,5, **Uranus**, dans le *Cancer*, visible toute la nuit, en opposition avec le Soleil le 21, le 13 : diamètre app. 3″,8 ; position : 8^h12^m et + 20°35′ ; **Neptune**, dans la *Vierge*, s'aperçoit le matin, se lève le 13 à 1^h3^m, diamètre app. 2″,4 ; position : 13^h55^m et — 9°58′. — **ÉTOILES VARIABLES** : Minima observables d'*Algol* (2^m,4-3^m,5) le 10 à 1^h,8, le 12 à 22^h,7, le 15 à 19^h,5, le 18 à 16^h,3 ; minima de β *Lyre* (3^m,4-4^m,1), le 2 à 11^h,4, le 15 à 9^h,8, le 28 à 8^h,1 ; maxima de *Mira Ceti* (o *Baleine* : 2^m,0-10^m,1) le 4 ; de *R. Cassiopée* (4^m,8-13^m,6) le 11. — **ÉTOILE POLAIRE** : Passage supérieur au méridien de Paris : le 1er à $19^h2^m41^s$, le 11 à $18^h23^m10^s$, le 21 à $17^h43^m39^s$; passage inférieur : le 21 à $5^h47^m37^s$, le 31 à $5^h6^m5^s$.

Phénomènes intéressants. — Du **14** au **18**, lumière **cendrée** de la **Lune**, le **soir**. Pendant ce mois, **Jupiter** se rapproche de nouveau de **Régulus**, avec laquelle elle est en **conjonction** à la **fin du mois**. Le **14** et le **15**, surveillez, avant l'**aube**, le **rapprochement** des planètes, **Mars** et **Saturne**, ces deux astres sont en **conjonction** le **14** à 21^h. **Mars** à $1^h33'$ **S.** Les **2** et **3**, observez les **Étoiles filantes** : **Bootides** (radiant β Bouvier), **rapides** à traînées **longues**.

(Heures données en **Temps universel**, tenir compte des modifications introduites par l'heure légale).

L. Tartois.

Amateurs d'ASTRONOMIE, adhérez à la

SOCIÉTÉ ASTRONOMIQUE DE FRANCE

fondée en 1887 par Camille Flammarion,
reconnue d'utilité publique en 1897

vous recevrez la revue mensuelle *L'ASTRONOMIE*
vous aurez à votre disposition une importante **Bibliothèque**,
un **Observatoire**, séances mensuelles, cours, conférences, etc.

au Siège Social : Hôtel des Sociétés Savantes
28, rue Serpente, PARIS-6e

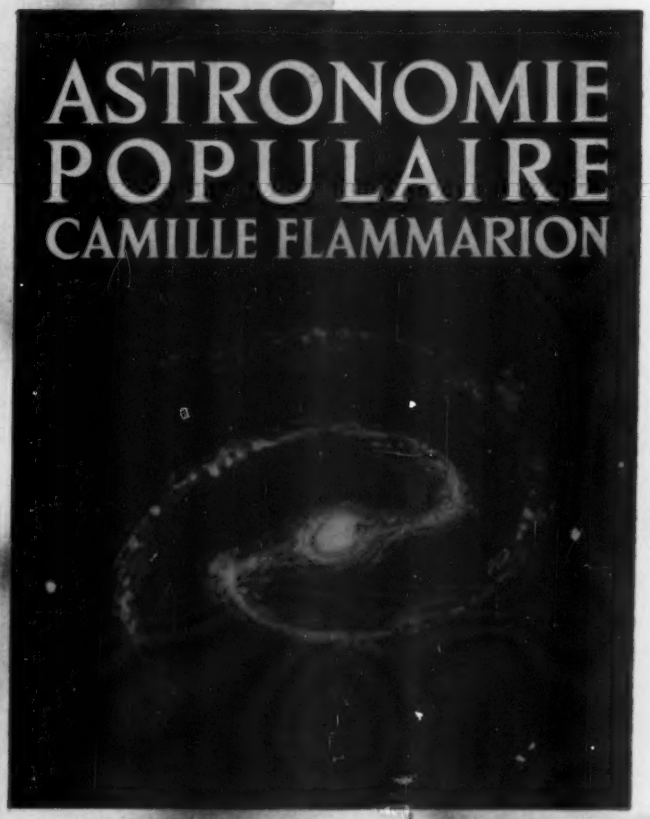
Permanence, tous les jours non fériés de 14 à 17 h.

Cotisations : 1 500, 1 200 et 2 000 F. Étudiants : 250 F.

Spécimen gratuit sur demande.

un événement cosmique!

En un temps où la terre ne suffit plus à l'homme et où l'on envisage, comme prochaine, l'exploration de l'espace interplanétaire, le ciel s'est singulièrement rapproché de nous Par son texte accessible à un très large public, par ses étonnantes illustrations, la nouvelle **Astronomie Populaire Camille Flammarion** - qui apporte sur ce sujet le dernier mot de la science - met à la portée de chacun, la connaissance de l'univers céleste



Ouvrage entièrement renouvelé par :

GABRIELLE

CAMILLE FLAMMARION

Secrétaire générale de la Société astronomique de France

ET PAR

ANDRÉ DANJON

de l'Institut

Directeur de l'Observatoire de Paris

Président de l'Union astronomique internationale

AVEC LA COLLABORATION D'UN GROUPE D'ASTRONOMES

Magnifique ouvrage, illustré de 800 héliogravures, de nombreuses figures et schémas, de huit planches en couleurs et de deux cartes du ciel tirées en couleurs. En un volume de 600 pages relié plein pellior vert.

EN SOUSCRIPTION JUSQU'AU 15 JANVIER 1956. AU PRIX DE FAVEUR DE

4.800 Fr.

APRÈS CETTE DATE LE PRIX DE L'OUVRAGE SERA PORTÉ A 5.600 Fr.

COLLECTION IN-4° FLAMMARION

Frontiers of Astronomy, par Fred Hoyle. 1 vol. 14,5×22, 360 p., 67 fig., 49 pl. W. Heinemann, Londres, 1955. Prix, relié : 25 sh.

Ce magnifique ouvrage, faisant suite à *The Nature of the Universe*, présente bien des qualités : rigueur scientifique, nouveauté de la documentation, clarté de l'exposition et des explications, légèreté du style, choix toujours heureux des exemples et des illustrations. Dans ces 360 pages, prennent place à l'aise la plupart des données classiques sur la Terre, la Lune, les Planètes, le Soleil, les Étoiles et les Galaxies, et quantité de problèmes astrophysiques dont certains ont été résolus tout récemment, d'autres restant encore sans réponse. L'auteur ne craint d'aborder ni les processus nucléaires en astronomie, ni même les questions délicates et complexes de l'évolution des étoiles et des galaxies. Discussion fort bien venue de l'expansion de l'Univers et de son origine. Illustration magnifique et originale, en grande partie inédite, du moins hors des revues spécialisées.

Radio Astronomy, par Pawsey et Bracewell. 1 vol. 16×24, 361 p., 150 fig., 23 pl. The Clarendon Press, Oxford, 1955. Prix, relié : 55 sh.

Le premier traité de cette science jeune qu'est la Radioastronomie. Après quelques chapitres d'introduction initiant le lecteur non spécialiste aux notions indispensables de radioélectricité et d'astronomie, en particulier à la théorie des antennes, des interféromètres, et des fluctuations du bruit de fond des récepteurs, on passe à l'étude du Soleil calme et perturbé, de l'émission galactique et extragalactique, de la Lune et des échos météoriques. Se situant à la limite de la vulgarisation, cet ouvrage aurait gagné à traiter plus à fond certains problèmes fondamentaux, serait-ce au détriment d'autres moins intéressants. Toutefois, il nous faut être très reconnaissants aux auteurs d'avoir tenté la synthèse difficile de nos connaissances sur une science en pleine évolution.

Astrophysical Quantities, par C. W. Allen. 1 vol. 16,5×24,5, xii-263 p. The Athlone Press, Londres, 1955. Prix, relié : 55 sh.

Tout chercheur désire pouvoir connaître rapidement les valeurs précises et récentes des quantités dont il fait usage. Ce livre, établi par un grand spécialiste, réalise ce vœu pour les astronomes et les astrophysiciens qui y trouveront toutes les constantes usuelles, et peut apporter bien des renseignements utiles au physicien en général. On y trouve, sous une forme claire et concise, particulièrement agréable en ce genre d'ouvrage, des tables de constantes physiques générales et de conversion d'unités, toute une série de valeurs relatives à la physique atomique (sections de choc en particulier) et à la spectroscopie. La 2e partie renferme les principales données sur l'atmosphère terrestre, le soleil, la lune et les planètes, ainsi que sur les étoiles, les galaxies et la matière interstellaire. Un index très complet permet la recherche commode des valeurs désirées. Ce volume réunit des matériaux jusqu'ici dispersés dans de nombreuses publications.

Notes pratiques pour les observateurs débutants, par Jean Texereau. 1 broch. 16×24, 64 p., 27 fig. et cartes. Société astronomique de France, Paris, 1955. Prix : 340 F.

Des difficultés pratiques souvent inattendues peuvent causer déboires et déceptions à ceux qui tentent pour la première fois d'explorer le ciel, même avec l'instrument le plus modeste. Le but de cet excellent petit ouvrage est de conseiller l'amateur dans le choix de son objectif et de ses oculaires et de lui enseigner à les contrôler et à les centrer. Les principes généraux de l'observation et du dessin astronomique sont traités ensuite, ainsi que l'emploi des cartes du ciel publiées chaque mois dans le *Bulletin de la Société astronomique de France*. Explications et figures très claires.

La mécanique du globe et sa structure, par Michel Nahas. Tome I : *Mécanique extérieure ; Théorie des marées*. 1 vol. 16,5×25,5, 187 p. Hermann, Paris, 1954. Prix : 1 600 F.

Cet ouvrage serait passé inaperçu s'il n'avait été élogieusement préfacé par Henri Mineur. Cette prétention de résoudre d'une manière complète et définitive la théorie des librations de la lune ainsi que la théorie des marées relève de la fantaisie : la théorie du « centre gravitant » sépare arbitrairement la lune en deux hémisphères, et contient implicitement l'erreur qui consisterait à admettre qu'un hémisphère se comporte comme un point dans un champ newtonien ; la lune séparée en deux hémisphères se comporterait alors comme un système de deux points et l'accrochage se produit précisément dans la mesure où un système de deux points ressemble à un ellipsoïde allongé. D'autres erreurs peuvent être relevées. Le chapitre II de la deuxième partie contient une critique des idées de Laplace qui montre une ignorance totale de la théorie des systèmes oscillants.

Éléments de Mécanique quantique, par Ph. Pluvinage. 1 vol. 17×25, 548 p., 79 fig. Masson et Cie, Paris, 1955. Prix : broché, 4 000 F ; cart., 4 600 F.

Dans sa collection destinée à l'enseignement supérieur, Masson présente le premier traité de mécanique quantique écrit en langue française. L'auteur se place au niveau d'un étudiant qui a suivi les cours de Physique et de Mécanique générale. Exposé sérieux et complet de Mécanique quantique générale non relativiste. Les deux voies d'accès, méthode de Schrödinger et méthode de Heisenberg, sont utilisées successivement pour traiter les exemples classiques : oscillateur harmonique, atome d'hydrogène. L'auteur expose les méthodes d'approximation et traite quelques applications importantes : effet Zeeman, théorie des chocs, etc. L'ouvrage se termine par quelques indications sur les systèmes de plusieurs particules. Chaque chapitre est précédé d'un sommaire et suivi d'exercices.

Recent Advances in Optics, par E. H. Linfoot. 1 vol. 16×24, 286 p., 113 fig., 8 pl. The Clarendon Press, Oxford, 1955. Prix, relié : 50 sh.

nouveauté

à la découverte d'un merveilleux et fantastique royaume

LA MONTAGNE

sous la direction de Maurice Herzog, vainqueur de l'Annapurna

en un magnifique volume très illustré, une encyclopédie de la montagne sous tous ses aspects : sportif, économique, historique, mythologique, etc. • 500 pages environ, 700 illustrations en noir, 26 planches hors-texte en couleurs. • Paraît actuellement par fascicules bimensuels de 32 pages, premier fascicule : 3 Novembre ; 265 F, taxe locale incluse. • Demandez les conditions spéciales de souscription au volume relié.

chez tous les libraires

et Larousse, 114 Bd Raspail, Paris 6.

collection in-4°

LAROUSSE

Cet ouvrage de très belle présentation contient des études fort complètes d'un certain nombre de découvertes ou de mises au point effectuées depuis vingt ans dans le domaine de l'optique. La théorie géométrique des aberrations est reprise par la base au moyen de méthodes nouvelles, et appliquée à l'étude du profil optimum de la lentille correctrice des chambres de Schmidt. Une théorie des aberrations au moyen des intégrales de diffraction vient compléter cette étude de l'image optique. On examine successivement les théories du microscope à contraste de phase, du contrôle des miroirs de télescope au moyen de la lame de Foucault, des chambres à grande ouverture de Schmidt, dont l'utilité se révèle de plus en plus grande dans le domaine de la photographie astronomique. Enfin, une nouvelle technique d'analyse est appliquée à la discussion des systèmes optiques à deux miroirs (télescopes, objectifs à réflexion de certains microscopes, etc.).

Quantum Theory of Solids, par R. E. Peierls. 1 vol. 15,5 × 24,5, VIII-229 p., 113 fig. Clarendon Press, Oxford, 1955. Prix, relié : 30 sh.

Cours professé par l'auteur à l'école d'été de Physique théorique des Houches ; exposé extrêmement clair et compétent de la théorie quantique de l'état solide : vibrations du réseau, interaction du réseau avec la lumière, comportement des électrons dans un cristal, leur interaction avec la lumière. De ce schéma fondamental découle l'interprétation des faits expérimentaux : chaleur spécifique, diffraction et absorption de la lumière, conductivité, propriétés magnétiques et ferromagnétiques, supraconductivité. Ardu pour un débutant, ce traité est adapté à l'enseignement spécialisé du 3e cycle. Il constitue une mise au point intéressante pour les chercheurs.

The Physics of Particle Size Analysis (Supplément n° 3 du *British Journal of Applied Physics*). 1 vol. 20 × 27, 215 p., nombr. fig. The Institute of Physics, Londres, 1954. Prix, relié : 35 sh.

Compte rendu de la conférence sur l'analyse des tailles des particules (poussières, bien entendu, et non particules élémentaires) organisée par l'Institut de Physique et tenue à l'Université de Nottingham du 6 au 9 avril 1954. Les articles sont classés en huit sections : mouvement relatif des particules et des fluides ; tri des tailles et phénomènes moléculaires ; dispersion et absorption de la lumière par les particules ; facteurs de forme ; numération et mesure visuelle des particules microscopiques ; comptage automatique ; théorie et machines photoélectroniques ; généralités.

Luminescence (*with particular reference to inorganic phosphors*) (Supplément n° 4 du *British Journal to Applied Physics*). 1 vol. 20 × 27, 120 p., nombr. fig. The Institute of Physics, Londres, 1954. Prix, relié : 25 sh.

Compte rendu du colloque de la section d'électronique de l'Institut de Physique au Cavendish Laboratory, à Cambridge, du 7 au 10 avril 1954. Bien que la luminescence ne présente un intérêt direct que pour une petite minorité de spécialistes, le champ d'application en est vaste et de nombreux techniciens pourront être intéressés par cet ouvrage.

Molecular Vibrations (*The Theory of Infrared and Raman Vibrational Spectra*), par E. Bright Wilson Jr, J. C. Decius et Paul C. Cross. 1 vol. 15,5 × 24, XII-388 p., fig. McGraw-Hill, Londres et New-York, 1955. Prix, relié : 64 sh.

Les auteurs présentent une théorie des vibrations moléculaires très précieuse pour l'analyse des spectres infrarouges et Raman. Cherchant une théorie très générale, ils développent une série de techniques mathématiques applicables aux problèmes complexes et n'envisagent donc en particulier que quelques molécules prises à titre d'exemples. Les connaissances mathématiques nécessaires sont relativement restreintes, tout au moins pour les premiers chapitres. L'Algèbre des matrices et des éléments de la théorie des groupes, nécessaires aux développements ultérieurs, sont introduits en appendice. Une importante bibliographie présentée au cours de l'ouvrage renvoie aux mémoires originaux.

X-Ray diffraction by Polycrystalline Materials, par H. S. Peiser, H. P. Rooksby et A. J. C. Wilson 1 vol. 16 × 25, 725 p., 263 fig. The Institute of Physics, Londres, 1955. Prix, relié : 63 sh.

Ouvrage consacré à l'examen radiographique des substances microcristallines. Après un exposé introductif sur la radiocristallographie, on décrit en détail les techniques et l'appareillage employés pour la production des spectres-X, puis l'interprétation des spectres. On montre dans une dernière partie l'aide que peut apporter la radiographie au laboratoire de chimie industrielle, dans la recherche en chimie organique, en minéralogie, en biologie, en céramique, en métallurgie et dans l'industrie de l'énergie atomique. Ce traité, édité sous la direction de MM. Peiser, Rooksby et Wilson, est en fait le résultat de la collaboration d'une trentaine de spécialistes. Travail remarquable et excellemment présenté.

Principles and Practice of Electrical Engineering, par feu Alexander Gray, révisé par G. A. Wallace, 7e édition. 1 vol. 16 × 23, XII-600 p. McGraw-Hill, Londres, 1955. Prix, relié : 56 sh. 6 d. ; 7,5 dollars.

Ouvrage élémentaire classique (sa première édition remonte à 1914) destiné surtout aux étudiants en science ne préparant pas un diplôme d'ingénieur électricien et qui n'ont donc besoin que de connaissances générales d'électrotechnique. Rédigé en termes simples, avec beaucoup de clarté (problèmes à l'appui), il peut servir d'ouvrage d'initiation et susciter des vocations. La précédente édition remontant à 1947, le professeur G. A. Wallace dut effectuer une mise à jour sérieuse pour y introduire les corrections théoriques nécessaires et aussi les notions qui s'imposaient en matière de matériels et appareillages récents ou récemment perfectionnés, tels que certains amplificateurs, redresseurs, régulateurs de tension, d'intensité, de fréquence, de tubes thermoioniques, etc.

MÉDAILLONS

SUJETS RELIGIEUX
ROIS DE FRANCE
PORTRAITS
MUSICIENS
PAYSAGES

Ces reproductions en couleurs, présentées sous forme de **médaillons,** offrent en miniature les chefs-d'œuvre de la peinture de tous les temps et de tous les pays. Elles donnent l'impression de peintures authentiques, chaque peintre étant traité dans son style.

Elles sont serties d'un cadre de bois dont la dorure vieillie et patinée, ornée d'un motif ancien, a l'éclat adouci des choses du temps passé.

L'ensemble en fait un objet précieux et éminemment décoratif qui trouvera sa place aussi bien dans un mobilier ancien que dans un intérieur moderne.

Liste complète sur demande (joindre un timbre pour frais).

ARTS, LETTRES ET TECHNIQUES
1, Place Paul-Painlevé, PARIS-Ve - Tél. : DANton 83-84

LES GLOBES FOREST

LUMINEUX
Diamètres : 12, 16, 20, 25, 33, 50 cm.

NON LUMINEUX
Diamètres : 12, 16 20, 25, 33, 45, 50, 66 cm.

LES CARTES DÉCORATIVES

MODERNES TRAITÉES A L'ANCIENNE
ou
REPRODUCTIONS DE CARTES ANCIENNES

ont leur place dans tous les intérieurs, studios, bureaux, salons.

Demander les catalogues

GIRARD, BARRÈRE & THOMAS
Géographes-Éditeurs, 17, rue de Buci, PARIS-6e

Color Television Fundamentals, par Milton S. Kiver. 1 vol. 16×24, 312 p., fig. McGraw-Hill, New-York et Londres, 1955. Prix, relié : 32 sh. 6 d.

Le passage de la télévision en noir et blanc à la transmission des images en couleurs est du domaine du proche futur. Après des généralités, le présent ouvrage expose les principes de la télévision en couleurs avec assez de détails pour que le lecteur soit à même d'établir des postes d'émission et de réception d'images en couleurs pourvu qu'il ait une pratique suffisante de la technique actuelle des appareils de télévision en noir et blanc. Ouvrage pratique, rédigé clairement, sans appel aux mathématiques, appuyé par 200 illustrations qui facilitent grandement l'intelligence du texte ; est destiné à l'enseignement.

La métallurgie des poudres. 1 vol. 15,5×24, 336 p., fig. O.E.C.E., Paris, 1955. Prix : 1 000 F.

En 1953, l'O.E.C.E. a envoyé aux États-Unis une mission de techniciens pour y étudier la métallurgie des poudres. Elle a visité 43 usines, universités et établissements de recherche, et le présent rapport est l'ouvrage le plus complet et le plus à jour qui ait été jusqu'ici consacré à cette question. Parmi les renseignements techniques qu'il renferme on peut citer les procédés de fabrication, montages, tours de main, réduction de main-d'œuvre par utilisation de transporteurs, utilisation de machines ou d'appareils de laboratoire peu connus en Europe, etc.

Pierres, par R. Galopin et E. Lanterno. Préface d'André Maurois. 1 vol. 21,5×28,5, 92 p., 90 photos de Stephan Célébonovic. Éditions Eldos et éditions Pea, Genève-Paris, 1955. Prix : 2 820 F.

Magnifique album, premier de la collection « Art et Nature ». L'explication des formes minérales aurait demandé des développements incompatibles avec l'esprit de cette présentation ; aussi R. Galopin s'est-il borné à un texte très court qui évoque seulement quelques causes de ces formes belles ou étranges. E. Lanterno a pu s'étendre un peu plus en résumant l'histoire du monde vivant. Une fois admirées les superbes photos de S. Célébonovic, on rêvera sur le thème « art et nature » ou, selon les tempéraments, on cherchera à en savoir davantage.

Vade-mecum du botaniste dans la Région parisienne, par H. E. Jeanpert. 2e édit. revue et corrigée par G. Viennot-Bourgin. 1 vol. 12,5 × 21,5, 241 p., 1 634 fig. Léon Lhomme, Paris, 1953. Prix : 2 000 F.

Cette petite flore, dont la 1re édition a paru en 1911, n'est qu'un extrait de la célèbre *Flore de la France* de l'abbé H. Coste, dont elle reproduit les dessins et dont elle suit, en les allégeant, les tableaux dichotomiques. Elle a rendu de grands services et était devenue introuvable. La réédition s'imposait, mais la reproduction photographique a rendu impossibles des additions et des retouches qui eussent été bien utiles. On a dû se contenter d'ajouter une table des noms vulgaires, d'indiquer sommairement les usages des espèces, de noter quelques stations nouvelles. On a supprimé un avant-propos qui n'était pas sans charme et qui n'était pas aussi démodé qu'on paraît le croire. Tel qu'il se présente, ce *vade-mecum* sera encore indispensable à l'amateur parisien tant qu'un botaniste expérimenté ne se donnera pas la peine, considérable il est vrai, de faire mieux.

Autotrophic microorganisms (*The fourth Symposium of the Society for general Microbiology*), par B. A. Fry and J. L. Peel. 1 vol. 15,5×25, xii-305 p., fig. Cambridge University Press, Cambridge, 1954. Prix, relié : 25 sh.

Exposés présentés à la Society for General Microbiology lors de son quatrième symposium. La majeure partie de ce volume est réservée aux découvertes réalisées sur les pigments photosensibles et sur leur rôle dans le métabolisme assimilateur de certaines bactéries et des algues unicellulaires. Un important article de H. Gaffron rappelle que les principales connaissances modernes sur les mécanismes généraux de la photosynthèse sont dus à l'étude des organismes unicellulaires chlorophylliens, qui fournissent le matériel expérimental le plus favorable. Plusieurs articles sont consacrés à la physiologie des « chemotrophes », bactéries de la nitrification et bactéries incolores des eaux sulfureuses. L'importance économique des microorganismes autotrophes et les problèmes de leur culture massive font l'objet d'articles de E. C. Wassink et de K. R. Butlin. Mises au point qui intéresseront également les biologistes non spécialisés dans la biochimie microbienne.

Les métamorphoses des Batraciens, par C. J. Roth. 1 vol. 14×22, x-98 p., fig. Danod, Paris, 1955. Prix : 420 F.

Le lecteur est conduit progressivement de l'attitude d'observation passive habituelle au naturaliste amateur à celle du biologiste expérimental qui isole les causes, et enfin il situe les problèmes étudiés dans le cadre de la biologie générale. Description fort claire de la métamorphose dans les conditions naturelles ; puis historique des découvertes, qui ont éclairé le mécanisme hormonal des métamorphoses. L'auteur, qui a lui-même contribué à ces progrès, montre qu'on peut réaliser des analyses expérimentales déjà très poussées avec des moyens matériels réduits. Il nous convie à interpréter en termes physiologiques le cas très curieux des Batraciens néoténiques, c'est-à-dire d'espèces qui dans la nature n'accomplissent pas le cycle complet de leurs métamorphoses. Ce problème a des implications évolutives importantes.

Laboratory Manual in Biology, par P. B. Weisz. 1 vol. 21,5×28, 183 p. McGraw-Hill, New-York et Londres, 1955. Prix, relié : 20 sh. 6 d.

L'auteur a réuni une série de 28 exercices de manipulations détaillées de biologie. Leur séquence très bien choisie et graduée en fait une excellente initiation aux techniques fondamentales d'étude des structures et des fonctions physiologiques végétales et animales. En plus de la technique de laboratoire qu'il comporte, chaque exercice est accompagné d'une partie théorique. Introduction assez complète à la pratique élémentaire de l'expérimentation en biologie.

NOUVEAUTÉ

LES CIVILISATIONS NÉOLITHIQUES DE LA FRANCE

par BAILLOUD et Mieg de BOOFZHEIM

Préface par **R. LANTIER** de l'Institut

Un vol. 250 pages, 96 planches..... 1 900 frs

RAPPEL :

LA DÉCOUVERTE DU PASSÉ

PROGRÈS RÉCENTS ET TECHNIQUES NOUVELLES

par A. LAMING

Un vol. 363 pages, 45 fig. et 161 planches hors-texte.... 1 900 frs
Relié toile.... 2 500 frs

ORIGINE ET ÉVOLUTION DE L'HOMME

" ÉPOQUE PALÉOLITHIQUE "

par Georges GOURY

Un vol. 528 pages, 154 figures..... 800 frs
Sur Alfa Navarre ..... 900 frs

ÉDITIONS PICARD & Cie 82, rue Bonaparte PARIS

NOUVEAUTÉ

DIFFUSION FRANÇAISE
COLLECTION ART ET NATURE

PIERRES...

MINÉRAUX ET FOSSILES

Préface d'André MAUROIS

64 photographies pleine page.

32 pages de texte de MM. GALOPIN et LANTERNO, Conservateurs au Muséum d'Histoire naturelle de Genève.

Format 22 × 29. Couverture illustrée pelliculée.
Gardes illustrées en couleur.
Tableau des ères géologiques.

2 820 F

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE BIOCHIMIE ET BIOLOGIE

(Reconnue par l'État — A. M. 25 juillet 1955)

84, rue de Grenelle, Paris-7e

Préparation aux carrières des Laboratoires Médicaux, Industriels, Agricoles.

Préparation aux diplômes d'Etat.

Brevet de Technicien d'Analyses Biologiques, Biochimistes, Biologistes.

Cours du jour — Cours du soir

Section d'enseignement " à domicile "

(Joindre timbre pour notice)

Les rongeurs domestiques nuisibles, par J. Lhoste. 1 vol. 13,5×21,5, 149 p., 48 fig., 23 tabl. Dunod, Paris, 1955. Prix : 730 F.

Si l'homme détruit tous les jours quantité d'espèces vivantes précieuses ou intéressantes, il a aidé en revanche à la pullulation d'animaux nuisibles dont les plus redoutables sont les rats. La lutte contre les rongeurs est devenue une nécessité mondiale. Ce livre peut y aider en vulgarisant quantité de renseignements utiles : biologie des souris et des rats, parasites de ces rongeurs et maladies qu'ils transmettent, signes qui permettent de déceler l'importance de leur population, mesures préventives, constructions à l'épreuve de leurs déprédations, pièges, enfin lutte biologique et lutte chimique. On regrettera seulement quelques renseignements plus complets sur les migrations historiques des rats et surtout un tableau des pertes qu'ils font subir à l'économie mondiale.

The Human Organism, par Russell Myles De Coursey. 1 vol. 15,5×24, 550 p., ill. McGraw-Hill, New-York et Londres, 1955. Prix, relié : 43 sh.

Dans cet ouvrage, l'anatomie est envisagée d'une manière générale, surtout dans le but de faire comprendre les processus de la physiologie humaine et la coordination des divers organes. L'auteur expose des connaissances récentes acquises notamment sur les muscles, le système nerveux, les groupes sanguins, les hormones, les vitamines, les fonctions de reproduction, etc. A la fin de chaque chapitre une bibliographie permet d'approfondir la question traitée. Les illustrations sont particulièrement claires et bien soignées. L'ouvrage est destiné à des étudiants mais il intéressera également un très large public.

Précis de Toxicologie, par E. Kohn-Abrest. 3e édit. 1 vol. in-8°, 506 p., 72 fig. G. Doin, Paris, 1955. Prix : 3 500 F.

La documentation a été fournie par les expertises toxicologiques judiciaires de l'auteur qui en compte plus de 4 000. Beaucoup parmi les méthodes ou procédés décrits sont d'ailleurs originaux. On trouve ici les techniques les plus modernes d'analyse toxicologique empruntées aux récents progrès de la polarographie, de l'électrophorèse, de la microscopie électronique, de la spectrographie enregistrée, de la spectroscopie de flamme, de la micro-chromatographie sur papier et enfin de la radiochimie comportant l'emploi des isotopes radioactifs. Mais l'apport de ces nouvelles techniques n'a pas fait renoncer l'auteur aux méthodes classiques qui conservent dans beaucoup de cas toute leur valeur. Les toxiques sont groupés en fonction de la marche systématique d'une analyse dite complète permettant d'isoler successivement les poisons gazeux, volatils, minéraux, végétaux et de synthèse.

A NOS LECTEURS

LA LIBRAIRIE DUNOD

92, rue Bonaparte, PARIS-6e

se tient à la disposition des lecteurs de LA NATURE pour leur procurer dans les meilleurs délais **les livres analysés dans cette chronique et,** d'une façon plus générale, tous les livres scientifiques et techniques français et étrangers.

Principles of Biochemistry, par A. White, P. Handler, E. L. Smith et DeWitt Stetten Jr. 1 vol. 16×24, 1 117 p., 136 fig., 74 tabl. McGraw-Hill, New-York et Londres, 1954. Prix, relié : 5 livres 12 sh. 6 d.

Cet important ouvrage met en relief les applications de la biochimie dans la pratique médicale et il constitue un exposé critique de ses principes fondamentaux, soulignant son importance dans le fonctionnement normal des organismes, celui de l'homme en particulier. Certains états pathologiques démontrent le rôle d'un trouble biochimique dans nombre de maladies. L'ouvrage met en valeur les aspects dynamiques de la biochimie : catalyse, métabolisme, oxydation biologique. Il examine en détail les électrolytes, les relations acides-bases, la fonction rénale, les sécrétions. Les questions actuelles ne sont pas oubliées : tissus différenciés, relations métaboliques, rapports entre l'évolution, la génétique et le métabolisme. Rédigé à l'intention des professions médicales, l'ouvrage rassemble des idées et une documentation précieuse qui intéresseront également les chimistes et les biologistes.

Les établissements classés dangereux, insalubres, incommodes, par G. Rumeau. 1 vol. 16×25, 408 p. Eyrolles, Paris, 1955. Prix : 1 300 F.

Avec le développement de l'industrie, les nuisances industrielles sont de plus en plus nombreuses : dangers d'incendie ou d'explosions, mauvaises odeurs, émanations nuisibles, bruits et surtout eaux résiduaires entraînant la pollution des cours d'eau. Il est parfois difficile de trouver une solution aux divers problèmes soulevés et une solution paresseuse consiste parfois à dire, par exemple, en ce qui concerne les eaux résiduaires dont on ne sait que faire : doit-on sacrifier l'industrie à la pêche à la ligne ? Sans minimiser les difficultés que doivent surmonter souvent les industriels et le coût des installations qui éviteront ces nuisances, on peut estimer que le développement de la technique moderne permet géné-

VIENT DE PARAITRE

PRINCIPES
DES
CIRCUITS A TRANSISTORS

par

R. F. SHEA

avec la collaboration d'ingénieurs du Laboratoire d'Électronique de la General Electric Company.

Traduit de l'américain par **H. ABERDAM**
Ancien élève de l'École Polytechnique.

XXIX-578 p. 16×25, avec 476 fig. et une pl. hors-texte. 1956. Relié toile ..... **5 600 F**

En librairie et chez DUNOD Éditeur, 92, rue Bonaparte, Paris-6e.

ralement de trouver une solution à la plupart des problèmes posés. Il convient toutefois que certains particuliers ou certaines sociétés de pêche ne trouvent pas dans la présence d'une usine et des nuisances qui peuvent en résulter, la source de dommages-intérêts abusifs. Les industriels éviteront ce risque en étudiant *a priori* les gênes qui pourront résulter pour le voisinage de la mise en route de telle ou telle fabrication.

Les esprits des Feuilles Jaunes, par H. A. Bernatzik, trad. de l'allemand par M. Tournier, annoté par G. Condaminas. 1 vol. in-8° soleil, 272 p., 68 fig., 2 cartes. Plon, Paris, 1955. Prix : 900 F.

Le professeur autrichien Bernatzik a parcouru, en 1936-1937, la jungle indochinoise à la recherche d'observations ethnographiques sur les peuplades primitives : il fut le premier Européen à suivre les Phi Tong Luan dans leurs pérégrinations, ainsi que les Moken, nomades de la mer, et les Sémang de Malaisie, ou les Moï du Laos central et du Vietnam. Des descriptions colorées agrémentent le livre ; l'auteur apprécie également le rôle des Blancs et les réactions des primitifs à leur contact. L'ethnologue français G. Condaminas a enrichi l'ouvrage de précieuses annotations, destinées à mettre à jour les remarques de l'auteur, après les événements qui ont, depuis 1939, bouleversé le Sud-Est asiatique.

Guide du Vatican, par Ch. Pichon.

Versailles et ses prestiges, par Ph. Lannion. 2 vol. 12,5×18, n°s 6 et 7 de la coll. « Plaisir du Voyage », 96 p., dont 32 offset. Le Centurion, Paris, 1955. Prix : 300 F le vol.

Ces deux nouveaux volumes apportent, sur des sujets que l'on croit connus, de fort utiles renseignements. Tant en ce qui concerne l'histoire du Palais des Papes que la philatélie ou la Garde Suisse, Ch. Pichon fait montre d'une solide érudition, jamais ennuyeuse. Quant à Versailles, il nous est intelligemment présenté, sans monotonie et avec goût, par Ph. Lannion. Au total, deux petits ouvrages clairs, agréables, recommandés à tout lecteur cultivé.

La France inconnue, par Georges Pillement. 1 vol. 14×19, 313 p., 16 photos h. t. Grasset, Paris, 1955. Prix : 840 F.

L'auteur du célèbre réquisitoire *Saccage de la France*, de *Défense et Illustration d'Avignon*, et de tant d'autres volumes clairvoyants et courageux continue sa bienfaisante campagne pour la sauvegarde de notre patrimoine artistique. Dans le présent ouvrage, il nous emmmène le long des routes du Sud-Est, groupées en dix itinéraires, et nous révèle de multiples richesses cachées ou négligées. Les cris d'alarme qu'il pousse doivent être entendus des autorités compétentes. Il y a trop d'édifices en France qui souffrent de l'abandon, quand ils ne sont pas démolis et vendus ! Des volumes ultérieurs exposeront la grandeur et la misère architecturale des autres régions françaises. Excellent guide, original, hors des sentiers battus.

Le chemin des Espagnes, par H. Engelmann. 1 vol. 18×23, 104 p., 51 photos. Presses d'Ile-de-France, 1954. Prix : 700 F.

« Le chemin des Espagnes », c'est le chemin des sanctuaires espagnols, la route des pèlerinages : Saragosse et la Vierge del Pilar, Poblet en Catalogne, Montserrat, Notre-Dame de Guadalupe, Avila, Burgos,... Saint-Jacques de Compostelle surtout, où mène encore le vieux chemin français, *el camino francès*. Par Roncevaux, Pampelune, Santo Domingo de los Silos, Léon, et ces innombrables chapelles rustiques qui parsèment l'âpre campagne espagnole, l'auteur invite à méditer l'itinéraire espagnol, « dernière solitude du vieux monde ». Peu d'ouvrages dénotent une semblable compréhension de l'âme de l'Espagne, au contact quotidien de ce peuple si méconnu.

Espagne du Sud, par Jean Sermet. 1 vol. 16×21, 422 p., 100 photos h. t. Arthaud, Paris, 1954. Prix, broché : 1 800 F ; relié : 2 450 F.

Depuis les romantiques, depuis *Carmen*, l'Espagne attire et passionne les Français. Et particulièrement l'Espagne du Sud, cette Andalousie secrète, mais bouillonnante ; extrémité de l'Europe, et déjà morceau d'Afrique. Un des meilleurs connaisseurs des choses d'Espagne montre le rôle de l'Islam, le caractère propre du peuple andalou, l'opposition entre les deux Espagnes, du Nord et du Sud. Dans ce monde où le pittoresque demeure à l'état pur, hors du temps (un peu comme dans les Balkans), du Levant à l'Estrémadure et de Bailén à Algésiras, on se laisse prendre au charme retrouvé d'une vie pastorale, biblique. Ce livre excellent, illustré de photos extraordinaires (certainement les meilleures qu'on ait jamais vues sur ce sujet), bien écrit, concilie géographie, histoire, civilisation, tourisme, archéologie.

UN VÉRITABLE FILM

GEORGES BLOND

LA GRANDE AVENTURE DES MIGRATEURS

Un récit d'une telle vie et d'une telle intensité qu'il fait penser au « Cinérama » Le lecteur participe au voyage des oies sauvages, des bisons, des anguilles, des criquets, etc...

Un volume illustré de photographies : 750 frs

LIBRAIRIE ARTHÈME FAYARD

PETITES ANNONCES

(165 F la ligne, taxes comprises. Supplément de 100 F pour domiciliation aux bureaux de la revue).

S. CANTACUZÈNE, 207, rue de l'Université, Paris, Tél. INV. 25-99, est délégué par SOUTHWEST RESEARCH INSTITUTE de San Antonio, Texas, pour choisir des inventions européennes à développer en Amérique. Sur rendez-vous de 9 h à midi

VIENT DE PARAITRE

GEORGE GAMOW

BIOGRAPHIE DE LA TERRE

Son passé, son présent, son avenir

216 pages 16 × 22, avec 35 pl. et 58 illustr. Broché **680** F

En librairie et chez DUNOD *92, rue Bonaparte, Paris-6e*

Le gérant : F. Dunod. — Dunod, éditeur, Paris. — Dépôt légal : 4e trimestre 1955, n° 2736. — Imprimé en France. Barnéoud frères et Cie, imprimeurs (310566), Laval. n° 3254. — 12-1955.

THE INDEX

TO THIS VOLUME HAS BEEN REMOVED

FROM THIS POSITION AND PLACED AT

THE BEGINNING OF THE FILM FOR THE

CONVENIENCE OF READERS.

ralement de trouver une solution à la plupart des problèmes posés. Il convient toutefois que certains particuliers ou certaines sociétés de pêche ne trouvent pas dans la présence d'une usine et des nuisances qui peuvent en résulter, la source de dommages-intérêts abusifs. Les industriels éviteront ce risque en étudiant *a priori* les gênes qui pourront résulter pour le voisinage de la mise en route de telle ou telle fabrication.

Les esprits des Feuilles Jaunes, par H. A. Bernatzik, trad. de l'allemand par M. Tournier, annoté par G. Condaminas. 1 vol. in-8° soleil, 272 p., 68 fig., 2 cartes. Plon, Paris, 1955. Prix : 900 F.

Le professeur autrichien Bernatzik a parcouru, en 1936-1937, la jungle indochinoise à la recherche d'observations ethnographiques sur les peuplades primitives : il fut le premier Européen à suivre les Phi Tong Luan dans leurs pérégrinations, ainsi que les Moken, nomades de la mer, et les Sémang de Malaisie, ou les Moï du Laos central et du Vietnam. Des descriptions colorées agrémentent le livre ; l'auteur apprécie également le rôle des Blancs et les réactions des primitifs à leur contact. L'ethnologue français G. Condaminas a enrichi l'ouvrage de précieuses annotations, destinées à mettre à jour les remarques de l'auteur, après les événements qui ont, depuis 1939, bouleversé le Sud-Est asiatique.

Guide du Vatican, par Ch. Pichon.

Versailles et ses prestiges, par Ph. Lannion. 2 vol. 12,5×18, n°s 6 et 7 de la coll. « Plaisir du Voyage », 96 p., dont 32 offset. Le Centurion, Paris, 1955. Prix : 300 F le vol.

Ces deux nouveaux volumes apportent, sur des sujets que l'on croit connus, de fort utiles renseignements. Tant en ce qui concerne l'histoire du Palais des Papes que la philatélie ou la Garde Suisse, Ch. Pichon fait montre d'une solide érudition, jamais ennuyeuse. Quant à Versailles, il nous est intelligemment présenté, sans monotonie et avec goût, par Ph. Lannion. Au total, deux petits ouvrages clairs, agréables, recommandés à tout lecteur cultivé.

La France inconnue, par Georges Pillement. 1 vol. 14×19, 313 p., 16 photos h. t. Grasset, Paris, 1955. Prix : 840 F.

L'auteur du célèbre réquisitoire *Saccage de la France*, de *Défense et Illustration d'Avignon*, et de tant d'autres volumes clairvoyants et courageux continue sa bienfaisante campagne pour la sauvegarde de notre patrimoine artistique. Dans le présent ouvrage, il nous emmmène le long des routes du Sud-Est, groupées en dix itinéraires, et nous révèle de multiples richesses cachées ou négligées. Les cris d'alarme qu'il pousse doivent être entendus des autorités compétentes. Il y a trop d'édifices en France qui souffrent de l'abandon, quand ils ne sont pas démolis et vendus ! Des volumes ultérieurs exposeront la grandeur et la misère architecturale des autres régions françaises. Excellent guide, original, hors des sentiers battus.

Le chemin des Espagnes, par H. Engelmann. 1 vol. 18×23, 104 p., 51 photos. Presses d'Ile-de-France, 1954. Prix : 700 F.

« Le chemin des Espagnes », c'est le chemin des sanctuaires espagnols, la route des pèlerinages : Saragosse et la Vierge del Pilar, Poblet en Catalogne, Montserrat, Notre-Dame de Guadalupe, Avila, Burgos,... Saint-Jacques de Compostelle surtout, où mène encore le vieux chemin français, *el camino francès*. Par Roncevaux, Pampelune, Santo Domingo de los Silos, Léon, et ces innombrables chapelles rustiques qui parsèment l'âpre campagne espagnole, l'auteur invite à méditer l'itinéraire espagnol, « dernière solitude du vieux monde ». Peu d'ouvrages dénotent une semblable compréhension de l'âme de l'Espagne, au contact quotidien de ce peuple si méconnu.

Espagne du Sud, par Jean Sermet. 1 vol. 16×21, 422 p., 100 photos h. t. Arthaud, Paris, 1954. Prix, broché : 1 800 F ; relié : 2 450 F.

Depuis les romantiques, depuis *Carmen*, l'Espagne attire et passionne les Français. Et particulièrement l'Espagne du Sud, cette Andalousie secrète, mais bouillonnante ; extrémité de l'Europe, et déjà morceau d'Afrique. Un des meilleurs connaisseurs des choses d'Espagne montre le rôle de l'Islam, le caractère propre du peuple andalou, l'opposition entre les deux Espagnes, du Nord et du Sud. Dans ce monde où le pittoresque demeure à l'état pur, hors du temps (un peu comme dans les Balkans), du Levant à l'Estrémadure et de Bailén à Algésiras, on se laisse prendre au charme retrouvé d'une vie pastorale, biblique. Ce livre excellent, illustré de photos extraordinaires (certainement les meilleures qu'on ait jamais vues sur ce sujet), bien écrit, concilie géographie, histoire, civilisation, tourisme, archéologie.

UN VÉRITABLE FILM

GEORGES BLOND

LA GRANDE AVENTURE DES MIGRATEURS

Un récit d'une telle vie et d'une telle intensité qu'il fait penser au « Cinérama » Le lecteur participe au voyage des oies sauvages, des bisons, des anguilles, des criquets, etc...

Un volume illustré de photographies : 750 frs

LIBRAIRIE ARTHÈME FAYARD

PETITES ANNONCES

(165 F la ligne, taxes comprises. Supplément de 100 F pour domiciliation aux bureaux de la revue).

S. CANTACUZÈNE, 207, rue de l'Université, Paris, Tél. INV. 25-99, est délégué par SOUTHWEST RESEARCH INSTITUTE de San Antonio, Texas, pour choisir des inventions européennes à développer en Amérique. Sur rendez-vous de 9 h à midi

VIENT DE PARAITRE

GEORGE GAMOW

BIOGRAPHIE DE LA TERRE

Son passé, son présent, son avenir

216 pages 16 × 22, avec 35 pl. et 58 illustr. Broché **680** F

En librairie et chez DUNOD *92, rue Bonaparte, Paris-6e*

Le gérant : F. Dunod. — Dunod, éditeur, Paris. — Dépôt légal : 4e trimestre 1955, n° 2736. — Imprimé en France, Barnéoud frères et Cie, imprimeurs (310566), Laval. N° 3254. — 12-1955.

Un cadeau qui s'impose **Un cadeau qui en impose**

LA GALERIE DES GRANDS MAITRES

Une sélection réservée aux lecteurs de " LA NATURE "

C. PISSARRO. *Entrée de Village.*

M. UTRILLO. *Rue du Mont-Cenis.*

Nos lecteurs connaissent bien maintenant nos

Reproductions-Toile montées sur châssis

que nous leur avons présentées ici pour la première fois, il y a plus d'un an.

Ce nouveau procédé rend par une vision en surface et en profondeur l'aspect vivant de la peinture.

De nouvelles reproductions françaises et étrangères viennent heureusement s'ajouter à nos listes, nous permettant ainsi d'offrir un catalogue des plus complets.

Nous rappelons à nos lecteurs que chaque reproduction-toile est présentée dans un luxueux cadre de style ancien ou moderne, suivant le cas, en harmonie avec le tableau et formant ainsi un ensemble parfait.

Ces reproductions-toile nécessitant un travail très délicat, le nombre d'exemplaires disponibles de chaque titre reste encore trop limité pour satisfaire immédiatement aux demandes toujours plus nombreuses; aussi nous conseillons aux lecteurs intéressés de passer leur commande par retour, les livraisons étant toujours assurées dans l'ordre d'arrivée des commandes (envoyer le bon ci-dessous en soulignant les titres retenus).

Pour les cadeaux — qui seront, sur demande, expédiés directement au destinataire désigné — joindre une carte de visite à la commande.

BON SPÉCIAL N° 12

à remplir dès réception de « La NATURE » et à retourner à

ARTS, LETTRES et TECHNIQUES, 1, Place Paul-Painlevé, PARIS-Ve (près du Musée de CLUNY) Tél. DAN. 83-84

Veuillez expédier à l'adresse suivante :

Nom (en capitales) ..... *Prénoms* .....

Profession ..... *rue* ..... *n°* .....

à .....

Dépt ..... *Gare* .....

dans votre emballage spécial, FRANCO et sans aucun frais (sauf douane), les reproductions-toile suivantes, encadrées, format 60 × 70 cm environ y compris cadre de luxe au prix de 12 900 frs l'une.

1. BRUEGHEL. ***Bouquet de fleurs.***
2. P. CEZANNE. ***Les Joueurs de Cartes.***
3. CONSTABLE. ***Champ de blé.***
4. E. DEGAS. ***La Danseuse au bouquet.***
5. E. DEGAS. ***La Répétition.***
6. E. DELACROIX. ***Chevaux arabes.***
7. FRAGONARD. ***La Lettre.***
8. P. GAUGUIN. ***Moulin en Bretagne.***
9. C. MONET. ***Pont d'Argenteuil.***
10. C. MONET. ***Les Coquelicots.***
11. P. PICASSO. ***L'Arlequin.***
12. C. PISSARRO. ***Entrée de village.***
13. C. PISSARRO. ***Rouen, rue de l'Épicerie.***
14. C. PISSARRO. ***Route de Louveciennes.***
15. A. RENOIR. ***Moulin de la Galette.***
16. A. RENOIR. ***La Grenouillère.***
17. A. SISLEY. ***Canal du Loing.***
18. M. UTRILLO. ***Rue du Mont-Cenis.***
19. VAN GOGH. ***Les Tournesols.***
20. VAN GOGH. ***La Roulotte.***
21. VAN GOGH. ***Le Café le soir.***
22. VAN DER WEYDEN. ***Annonciation.***
23. VERMEER. ***Le Peintre à l'atelier.***
24. VLAMINCK. ***La Chaumière***

Je vous remets ci-inclus, un mandat-poste, chèque bancaire ou virement de ..... frs.

Je verse à votre C. C. P. 9776-34 Paris, la somme de ..... frs.

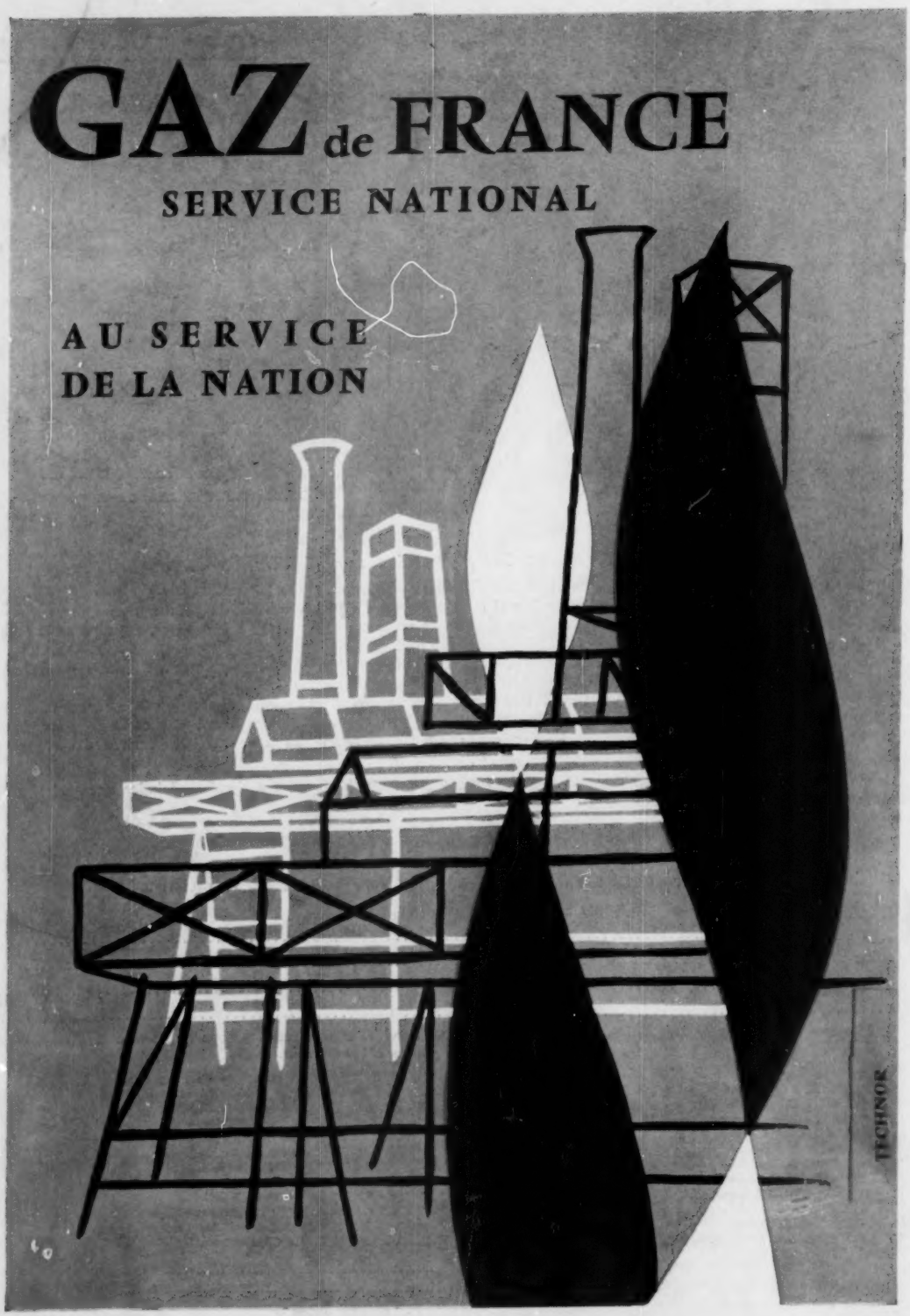
Je réglerai au comptant à réception

Je réglerai contre remboursement (1).

A ..... le ..... 1955.

(1) Rayer les mentions inutiles.

Signature.



Le gérant : F. Dunod. — Dunod, Éditeur, Paris. — Dépôt légal : 3e trimestre 1955, n° 2736. — Imprimé en France.
Barnéoud Frères et Cie, Imprimeurs (310566), Laval, n° 3254. — 12-1955.